

明 細 書

送信方法、送信装置及び通信システム

5 技術分野

本発明は、複数のアンテナから同時にデータを送信する送信方法、送信装置及び通信システムに関する。

背景技術

- 10 従来、複数アンテナを用いた送信方法として、“Space-Time Block Codes from Orthogonal Design” IEEE Transactions on Information Theory, pp.1456-1467, vol.45, no.5, July 1999 に開示された技術が知られている。以下、この文献に開示された内容について図面を用いて説明する。

- 図 1 は、従来のフレーム構成を示す図である。この図において、送信信号 A
15 及び送信信号 B は異なるアンテナから同時に送信される信号である。送信信号 A 及び送信信号 B は、互いに同じデータを含むシンボル群からなる。ここで、図中 $S_y A$ 及び $S_y B$ はシンボルを示し、複素共役を “*” で示す。送信信号 A はデータシンボル $S_y A$ 、 $-S_y B^*$ の順にフレーム構成され、送信信号 B はデータシンボル $S_y B$ 、 $S_y A^*$ の順にフレーム構成される。そして、送信
20 信号 A と送信信号 B は同期させて送信される。このため、データシンボル $S_y A$ と $S_y B$ が同時に送信され、データシンボル $-S_y B^*$ と $S_y A^*$ が同時に送信されることになる。

- 図 2 は、従来の通信システムを示す図である。送信装置 11 は、アンテナ 1
2 とアンテナ 13 とを備え、例えば、図 1 に示した送信信号 A をアンテナ 12
25 から、送信信号 B をアンテナ 13 から受信装置 21 に送信する。受信装置 21 は、送信装置 11 の各アンテナから送信された信号をアンテナ 22 で受信する。アンテナ 22 で受信された信号は送信信号 A と送信信号 B の送信信号が合成

されているので、送信信号A及び送信信号Bに分離した後、復調する。

このような従来の通信システムにおいて、送信装置11は送信信号Aをアンテナ12から、送信信号Bをアンテナ13から送信しており、各アンテナから送信された信号は、異なる伝送路($h_1(t)$ 及び $h_2(t)$)を介して受信装置21に受信される。このことを利用して、図1に示すようなフレーム構成としており、受信装置21において受信品質を向上させることができる。

しかしながら、上述した従来の通信システムでは、 S_{yA} や S_{yB} は受信装置においては、 S_yA 、 S_yB として復調され、実質的には S_yA 、 S_yB と同じ情報である。このため、同じ情報を2度送信していることになり、データの伝送効率が悪い。

発明の開示

本発明の目的は、複数のアンテナを用いてデータを送信する際のデータ伝送効率を向上させる通信方法、送信装置及び通信システムを提供することである。

上記目的は、送信装置が複数のアンテナを備え、互いに同じデータが含まれた複数の信号を複数のアンテナからそれぞれ送信する第1の送信方法と、互いに異なるデータが含まれた複数の信号を複数のアンテナからそれぞれ送信する第2の送信方法とのいずれかを送受信間の伝送路に基づいて決定し、複数の変調方式のうちいずれかを決定する際、通信開始から終了までは送信方法と変調方式のうち、変調方式のみを決定することにより達成される。

図面の簡単な説明

図1は、従来のフレーム構成を示す図、

図2は、従来の通信システムを示す図、

図3Aは、送信方法Xにおける変調信号Aと変調信号Bのフレーム構成を示す図、

図3Bは、送信方法Yにおける変調信号Aと変調信号Bのフレーム構成を示す図、

す図、

図 4 は、本発明の実施の形態 1 に係る通信システムを示す模式図、

図 5 は、本発明の実施の形態 1 に係る基地局装置における送信装置の構成を示すブロック図、

5 図 6 は、本発明の実施の形態 1 に係る通信端末装置における受信装置の構成を示すブロック図、

図 7 A は、受信信号が直接波で到来したことを示す図、

図 7 B は、受信信号が直接波を含まない散乱波のみで到来したことを示す図、

図 8 は、本発明の実施の形態 1 に係る基地局装置及び通信端末装置の通信手
10 順を示すシーケンス図、

図 9 は、実施の形態 1 における基地局装置が適用する送信方法及び変調方式の時間推移に伴う変更の様子を示す図、

図 10 は、送信方法及び変調方式の変更の仕方を説明するための図、

図 11 は、送信方法 X 及び送信方法 Y と各変調方式との組合せによる単位時
15 間当たりの送信ビット数を示す図、

図 12 は、増幅器の入出力特性を示す図、

図 13 は、本発明の実施の形態 2 に係る基地局装置と通信端末装置の通信手順を示すシーケンス図、

図 14 は、実施の形態 2 における基地局装置が適用する送信方法及び変調方式の時間推移に伴う変更の様子を示す図、
20

図 15 A は、送信方法 X における変調信号 A と変調信号 B のフレーム構成を示す図、

図 15 B は、送信方法 Y における変調信号 A と変調信号 B のフレーム構成を示す図、

25 図 16 A は、送信方法 X のフレーム構成を示す図、

図 16 B は送信方法 Y のフレーム構成を示す図、

図 17 は、本発明の実施の形態 3 に係る基地局装置の構成を示すブロック図、

図 1 8 は、本発明の実施の形態 3 に係る通信端末装置の構成を示すブロック図、

図 1 9 は、本発明の実施の形態 3 に係る基地局装置及び通信端末装置の通信手順を示すシーケンス図、

5 図 2 0 は、実施の形態 3 における基地局装置が適用する送信方法及び変調方式の時間推移に伴う変更の様子を示す図、

図 2 1 は、本発明の実施の形態 4 に係る基地局装置と通信端末装置の通信手順を示すシーケンス図、

10 図 2 2 は、実施の形態 4 における基地局装置が適用する送信方法及び変調方式の時間推移に伴う変更の様子を示す図、

図 2 3 は、1 2 シンボルを用いて CDD を行うときのフレーム構成を示す図、

図 2 4 は、MIMO システムにおいて、固有モードに代表されるビーム空間モードを用いたチャネル多重通信システムの構成を示す図、

15 図 2 5 は、本発明の実施の形態 6 に係る基地局装置が有する送信装置の構成を示す図、

図 2 6 A は、point-to-multi-point 型の通信形態を示す図、

図 2 6 B は、point-to-point 型の通信形態を示す図、

図 2 6 C は、point-to-point 型の通信形態を示す図、

20 図 2 7 は、通信相手数に応じて送信方法を切り替える場合の効果の説明に供する図、

図 2 8 は、通信相手数に応じて送信方法を切り替える場合の効果の説明に供する図、及び、

図 2 9 は、基地局装置と通信端末装置の通信手順を示すシーケンス図である。

25

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態について図面を用いて説明する。

(実施の形態 1)

フレーム構成

図 3 は、本発明の実施の形態 1 におけるフレーム構成を示す図である。図 3 A は、送信方法 X における変調信号 A と変調信号 B のフレーム構成を示しており、図 3 B は、送信方法 Y における変調信号 A と変調信号 B のフレーム構成を示している。伝搬モデル推定シンボル 1 0 1 及び電波伝搬環境推定シンボル 1 0 3 は、通信相手の受信装置がチャネル変動を推定するためのシンボルであり、パイロットシンボル、プリアンプル、制御シンボル、既知シンボル、ユニークワードなどと称されるものである。

- 10 送信方法通知シンボル 1 0 2 は、基地局装置が送信した変調信号の送信方法 (X 又は Y)、変調方式、誤り訂正方式を示すシンボルである。

データシンボル 1 0 4 は、基地局装置が通信端末装置に送信する音声データや画像データ、文字データ等のユーザ情報である。

送信方法 X 及び送信方法 Y について

- 15 送信方法 X は、上述した従来例と同様に、上記文献に開示された送信方法であり、互いに同じデータが含まれた (以下、「時空間符号化」という) データシンボルを 2 本のアンテナから送信する。具体例としては、データシンボル S_{yA} 、 S_{yB} 、 S_{yA}^* 、 $-S_{yB}^*$ (“*” は複素共役を示す) のうち、変調信号 A はデータシンボル S_{yA} 、 $-S_{yB}^*$ の順に構成され、変調信号 B はデータシンボル S_{yB} 、 S_{yA}^* の順に構成される。一方、送信方法 Y は、情報が互いに異なるデータシンボルでフレーム構成が行われる。具体例としては、それぞれ異なる情報のデータシンボル S_{yA} 、 S_{yB} 、 S_{yC} 、 S_{yD} のうち、変調信号 A はデータシンボル S_{yA} 及び S_{yC} で構成し、変調信号 B はデータシンボル S_{yB} 及び S_{yD} で構成する。

- 25 なお、図 3 A 及び B に示す送信方法 X 及び送信方法 Y は共に、変調信号 A と変調信号 B を同期させて送信する。例えば、送信方法 X では、データシンボル $-S_{yB}^*$ と S_{yA}^* が同時に送信され、送信方法 Y では、データシンボル S

y CとS y Dが同時に送信されることになる。また、変調信号A及び変調信号Bにおいて、同種のシンボルも同時に送信される。

図4は、本発明の実施の形態1に係る通信システムを示す模式図である。この図において、基地局装置201はアンテナ202とアンテナ203とを備え、
5 通信端末装置251と無線回線を介して通信を行う。通信端末装置251はアンテナ252とアンテナ253とを備える。この図では、基地局装置201から通信端末装置251に信号を送信している様子を示す。

送信方法X及び送信方法Yの特徴

ここで、アンテナ202とアンテナ252との伝送路におけるチャネル変動
10 を $h_{11}(t)$ とし、アンテナ202とアンテナ253との伝送路におけるチャネル変動を $h_{12}(t)$ とする。同様に、アンテナ203とアンテナ252間はチャネル変動を $h_{21}(t)$ とし、アンテナ203とアンテナ253間はチャネル変動を $h_{22}(t)$ とする。ただし、 t は時間を示す。なお、チャネル変動 $h_{11}(t)$ 、 $h_{12}(t)$ 、 $h_{21}(t)$ 、 $h_{22}(t)$ は、通信端
15 末装置251が伝搬モデル推定シンボル101、電波伝搬環境推定シンボル103を用いて推定される。

このとき、送信方法Xでは、図4に示すアンテナ252の受信信号を $R_1(t)$ とすると以下の式が成り立つ。

$$\begin{pmatrix} R_1(i) \\ R_1(i+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11}(i) & h_{21}(i) \\ h_{21}^*(i+1) & -h_{11}^*(i+1) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_y A \\ S_y B \end{pmatrix} \quad \dots (1)$$

20 この式から分かるように、送信方法Xではデータシンボル $S_y A$ 及び $S_y B$ を時間 $t=i$ と $t=i+1$ で繰り返し送信している。なお、ここでは、時空間ブロック符号を用いた場合について説明しているが、例えば、下記参考文献を例とする時空間トレリス符号を用いてもよい。(参考文献: "Space-Time Block Codes for High Data Rate Wireless Communication : Performance
25 Criterion and Code Construction" IEEE Transactions on Information Theory, pp.744-765, vol.44, no.2, March 1998)

一方、送信方法Yでは、図4に示すアンテナ252及び253の受信信号をそれぞれ $R1(t)$ 、 $R2(t)$ とすると以下の式が成り立つ。

$$\begin{pmatrix} R1(i) \\ R2(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h11(i) & h12(i) \\ h21(i) & h22(i) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} SyA \\ SyB \end{pmatrix} \quad \dots (2)$$

この式から分かるように、送信方法Yではデータシンボル SyA 及び SyB を時間 $t = i$ のみで送信している。

これらのことから、送信方法X及び送信方法Yを比較すると、送信方法Xは送信方法Yより伝送速度は低速であるが、受信品質は良好である。逆に、送信方法Yは送信方法Xより伝送速度は高速であるが、受信品質は劣化する傾向にある。特に、送信方法Yは直接波を受信した場合、受信品質が著しく劣化するという性質がある。このため、直接波を受信した場合には送信方法Xを用い、直接波を受信しない場合には送信方法Yを用いることが考えられる。

このように、誤り耐性が強い受信品質の高い送信方法Xと伝送速度の速い送信方法Yとを伝送路の状態に応じて決定することにより、受信品質と伝送速度の向上を両立させることができる。すなわち、送信方法Xと送信方法Yとを切り替えると共に、変調方式も切り替えることで、受信品質と伝送速度の向上の両立をさらに図ることができる。

基地局装置201における送信装置の構成

図5は、本発明の実施の形態1に係る基地局装置201における送信装置の構成を示すブロック図である。この図において、フレーム生成指示部401は通信端末装置251から送信された送信方法要求情報及び変調方式要求情報に基づいて、送信方法(X又はY)及び変調方式(例えば、QPSK、16QAM、64QAMのいずれか)を決定し、決定した内容をフレーム生成指示信号S1でデータ系列生成部402、送信処理部403及び送信処理部404に指示する。

データ系列生成部402は、フレーム生成指示部401の指示にしたがって送信デジタル信号から、図3で示したようなフレーム構成の変調信号Aの送

信デジタル信号S₂及び変調信号Bの送信デジタル信号S₃を生成する。生成された変調信号Aの送信デジタル信号S₂はデータ系列生成部402から送信処理部403に出力され、変調信号Bの送信デジタル信号S₃はデータ系列生成部402から送信処理部404に出力される。

- 5 送信処理部403は、データ系列生成部402から出力された変調信号Aの送信デジタル信号S₂について、送信処理部404は、データ系列生成部402から出力された変調信号Bの送信デジタル信号S₃について、それぞれフレーム生成指示部401からの指示にしたがって送信処理を行う。送信処理部403と送信処理部404の内部構成は同一なので、以下、送信処理部403内の構成について説明する。

変調部4031は、複数の変調方式で変調することができ、データ系列生成部402から出力された変調信号Aの送信デジタル信号S₂をフレーム生成指示部401から指示された変調方式で変調する。変調された信号S₄は変調部4031から拡散部4032に出力される。

- 15 拡散部4032は変調部4031から出力された信号S₄に対して、拡散符号を乗算し、拡散後の変調信号Aが無線部4033に出力され、無線部4033は拡散後の信号S₅に対して所定の無線処理（D/A変換やアップコンバート等）を行い、無線処理後の信号S₆を増幅器4034に出力する。

- 増幅器4034は、無線部4033から出力された信号S₆を電力増幅し、
20 電力増幅された信号S₇をアンテナ202から通信端末装置251に無線送信する。

通信端末装置251における受信装置の構成

- 図6は、本発明の実施の形態1に係る通信端末装置251における受信装置の構成を示すブロック図である。この図において、アンテナ252は基地局装置201のアンテナ202とアンテナ203とから送信された信号の合成信号S₅₁を受信し、無線部501は、アンテナ252で受信された信号S₅₁に所定の無線処理（ダウンコンバートやA/D変換等）を行い、無線処理後の
- 25

信号S 5 2を逆拡散部5 0 2に出力する。

逆拡散部5 0 2は、無線部5 0 1から出力された信号S 5 2に拡散符号を乗算し、逆拡散を行う。逆拡散された信号S 5 3は、逆拡散部5 0 2からフレーム同期部5 0 3、第1伝送路推定部5 0 4、第2伝送路推定部5 0 5、復調部5 5 1 0及び受信電界強度推定部5 1 1に出力される。

フレーム同期部5 0 3は、逆拡散部5 0 2から出力された信号S 5 3及び逆拡散部5 0 7から出力された信号S 5 6に基づいて、変調信号A及び変調信号Bのフレーム同期をとり、タイミング信号S 5 7を形成する。タイミング信号S 5 7はフレーム同期部5 0 3から第1伝送路推定部5 0 4及び5 0 8、第2
10 伝送路推定部5 0 5及び5 0 9、復調部5 1 0に出力される。

第1伝送路推定部5 0 4は、フレーム同期部5 0 3から出力されたタイミング信号S 5 7にしたがって、逆拡散部5 0 2から出力された信号S 5 3のうち、変調信号Aの伝搬モデル推定シンボル1 0 1と、電波伝搬環境推定シンボル1 0 3とを用いて、変調信号Aの伝送路推定、すなわち、チャンネル変動の推定を
15 行う。推定された変調信号Aの伝送路情報は伝送路推定信号S 5 8として、第1伝送路推定部5 0 4から復調部5 1 0及び固有値算出部5 1 2に出力される。変調信号Aの伝送路推定信号S 5 8は、式(2)の $h_{11}(t)$ に相当する。

第2伝送路推定部5 0 5は、フレーム同期部5 0 3から出力されたタイミング信号S 5 7にしたがって、逆拡散部5 0 2から出力された信号S 5 3のうち、
20 変調信号Bの伝搬モデル推定シンボル1 0 1と、電波伝搬環境推定シンボル1 0 3とを用いて、変調信号Bの伝送路(チャンネル変動)推定を行う。推定された変調信号Bの伝送路情報は伝送路推定信号S 5 9として、第2伝送路推定部5 0 5から復調部5 1 0及び固有値算出部5 1 2に出力される。変調信号Bの
25 伝送路推定信号S 5 9は、式(2)の $h_{12}(t)$ に相当する。

なお、アンテナ2 5 3で受信された信号S 5 4は、無線部5 0 6、逆拡散部5 0 7、第1伝送路推定部5 0 8及び第2伝送路推定部5 0 9において、上述

した処理と同様の処理が行われるので、その詳しい説明は省略する。ちなみに、第1伝送路推定部508から復調部510に出力される伝送路推定信号S60は、式(2)の $h_{21}(t)$ に相当し、第2伝送路推定部509から復調部510に出力される伝送路推定信号S61は、式(2)の $h_{22}(t)$ に相当する。

復調部510は、フレーム同期部503から出力されたタイミング信号S57にしたがって、第1伝送路推定部504及び508、第2伝送路推定部505及び509から出力された伝送路推定信号S58、S59、S60、S61を用いて、逆拡散部502及び逆拡散部507から出力された信号S53及びS56の復調を行い、変調信号Aの受信デジタル信号と変調信号Bの受信デジタル信号を得る。このとき、復調部510では、逆拡散部502及び逆拡散部507から出力された信号S53、S56の送信方法通知シンボル102から、当該信号の送信方法(X又はY)、変調方式及び誤り訂正方式を取得し、取得した内容に応じてデータシンボルを復調する。

受信電界強度推定部511は、逆拡散部502及び逆拡散部507から出力された信号S53及びS56に基づいて、受信電界強度を推定し、推定結果を受信電界強度推定信号S62として変調方式決定部513及び送信方法決定部514に出力する。なお、ここでいう受信電界強度は、有効なキャリアパワを意味する。また、第1伝送路推定部504、508、及び第2伝送路推定部505、509の伝送路推定部と受信電界強度推定部511は、伝送路推定部及び受信電界強度推定部511のいずれか又は両方が伝送路推定手段として機能する。

固有値算出部512は、第1伝送路推定部504及び508、第2伝送路推定部505及び509から出力された伝送路情報を式(2)に示すようにチャネル行列としたとき、その固有値を算出する。算出された固有値は固有値信号S63として、固有値算出部512から変調方式決定部513及び送信方法決定部514に出力される。

変調方式要求手段としての変調方式決定部 5 1 3 は、受信電界強度推定部 5 1 1 から出力された受信電界強度推定信号 S 6 2 と固有値算出部 5 1 2 から出力された固有値信号 S 6 3 とに基づいて、基地局装置 2 0 1 に要求する変調方式を決定し、変調方式要求情報として出力する。なお、変調方式は、受信電
5 界強度のみで決定してもよく、この場合、伝送速度及び伝送品質に与える影響は小さい。

送信方法要求手段としての送信方法決定部 5 1 4 は、固有値算出部 5 1 2 から出力された固有値信号 S 6 3 と受信電界強度推定部 5 1 1 から出力された推定信号 S 6 2 (受信電界強度) とに基づいて、通信開始時に基地局装置 2 0
10 1 が適用する送信方法 X 又は送信方法 Y を決定する。決定された情報は、送信方法要求情報として通信端末装置 2 5 1 から出力される。式 (2) の場合を例に挙げ、さらに詳しく説明すると、固有値算出部 5 1 2 から出力される固有値信号 S 6 3 は 2 つの固有値を含み、これら 2 つの固有値を $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ ($|\lambda 1(t)| > |\lambda 2(t)|$) とし、互いの固有値の大きさの差を求める。すな
15 わち、 $|\lambda 1(t)|^2 - |\lambda 2(t)|^2$ を計算する。この差が所定の値より大きいときは直接波を受信しているものとし、送信方法 X に決定する。逆に、この差が所定の値より小さいときは直接波を含まない散乱波のみを受信しているものとし、送信方法 Y に決定する。ちなみに、 $|\lambda 1(t)|^2 - |\lambda 2(t)|^2$ の計算結果は、固有値の確率密度分布の状態を反映している。

20 受信信号が直接波で到来した信号か否かを判断する方法

受信信号が直接波で到来した信号か否かを判断する方法について、図 7 を用いて説明する。まず、受信ベースバンド信号の I 成分及び Q 成分から $\tan^{-1}(Q/I)$ を算出する。図 7 は $\tan^{-1}(Q/I)$ を横軸とし、確率密度を縦軸で表した図である。図 7 A は直接波を受信した場合を示し、直接波の位相で
25 ピークが現れる可能性が高くなる。一方、図 7 B は直接波を含まない散乱波のみを受信した場合を示し、ピークが現れる可能性が低くなる。このように、直接波を受信したか否かは $\tan^{-1}(Q/I)$ の確率密度を求め、いずれの分布

状態となるかを判断することにより特定することができる。

また、上述した式(2)のチャネル変動成分で表した 2×2 行列(以下、「チャネル行列」という)の固有値は2つ得られ、 λ_1 、 λ_2 ($|\lambda_1| > |\lambda_2|$) で固有値を表すと、 λ_1 と λ_2 との関係に直接波の受信の有無が反映される。このため、チャネル行列の固有値に基づいて直接波を受信したか否かを判断してもよい。具体的には、固有値の大きさも確率密度分布で表すことができ、受信品質は固有値の分布に依存するので、直接波を受信したときの受信品質であるか否かを固有値の分布に基づいて判断することができる。

送信方法通知シンボルに適用する送信方法及び変調方式

10 送信方法通知シンボル102は、変調信号の送信方法、変調方式、誤り訂正方式を通知する情報であり、この送信方法通知シンボル102が正しく復調されないデータは復調も困難となるので、送信方法通知シンボル102を送信方法X、変調方式はBPSKで送信するとよい。また、誤り訂正を組み込むとさらによい。これにより、送信方法通知シンボル102の誤り耐性が高くなり、
15 このシンボルの復調精度を高めることができるため、通信端末装置251において送信方法、変調方式、誤り訂正方式を正確に取得することができる。したがって、基地局装置201は、通信端末装置251にデータシンボル104の送信方法、変調方式、誤り訂正方式の情報を的確に伝えることができ、通信端末装置251がデータの復調を行うことができないという事態を回避することができる。
20

また、例えば、通信開始時に送信方法Yが決定された場合でも、送信方法Xを用いて送信方法通知シンボルを伝送することで、変調方式、誤り訂正方式を的確に伝送することができるため、受信品質が向上することになる。そして、送信方法X、送信方法Yどちらも送信する変調信号は2系統であるため、基地
25 局装置の送信装置のアンテナ数を変えずに送信方法の変更、すなわち、送信方法Yから送信方法Xに変更するので、無線装置のハードウェアとしての変更が伴わず、送信方法通知シンボルが的確に伝送されるため、データの受信

品質を容易に向上させることができる。

基地局装置 201 と通信端末装置 251 の動作

図 8 は、本発明の実施の形態 1 に係る基地局装置 201 及び通信端末装置 251 の通信手順を示すシーケンス図である。この図において、ステップ（以下、
5 「ST」と省略する）601 では、通信端末装置 251 が基地局装置 201 に対して通信開始の要求を行い、基地局装置 201 がこの要求を受け付ける。

ST 602 では、基地局装置 201 が ST 601 で通信開始要求を受け付けたことを通知する要求受付通知を通信端末装置 251 に行う。このとき、図 3 に示す伝搬モデル推定シンボル 101 も共に送信する。

10 ST 603 では、通信端末装置 251 が ST 602 で送信された伝搬モデル推定シンボル 101 を用いて、チャネル変動を推定し、式（2）で示したチャネル行列の固有値に基づいて、基地局装置 201 が送信する変調信号の送信方法（X又はY）及び変調方式を決定し、決定した送信方法及び変調方式を基地局装置 201 に対して要求する。基地局装置 201 はこの要求を受け付ける。

15 ST 604 では、基地局装置 201 が通信端末装置 251 から送信された送信方法及び変調方式の要求に基づいて、送信方法及び変調方式を決定し、決定した送信方法及び変調方式を送信方法通知シンボル 102 を用いて通信端末装置 251 に送信する。

ST 605 では、基地局装置 201 が図 3 に示すフレーム構成にしたがって、
20 ST 604 で決定された送信方法及び変調方式を用いて電波伝搬環境推定シンボル 103 やデータシンボル 104 を通信端末装置 251 に送信する。

ST 606 では、通信端末装置 251 が基地局装置 201 と通信中に、再度、電波伝搬環境推定シンボル 103 に基づいて変調方式のみを決定し、決定した変調方式を基地局装置 201 に要求する。基地局装置 201 はこの要求を受け
25 付ける。

ST 607 では、基地局装置 201 が通信端末装置 251 から送信された変調方式の要求に基づいて、再度、変調方式のみを決定し、送信方法通知シンボ

ル 1 0 2 を用いて通信端末装置 2 5 1 に通知する。

S T 6 0 8 では、基地局装置 2 0 1 が図 3 に示すフレーム構成にしたがって、S T 6 0 7 で決定された変調方式を用いて電波伝搬環境推定シンボル 1 0 3 やデータシンボル 1 0 4 を通信端末装置 2 5 1 に送信する。

- 5 S T 6 0 9 では、基地局装置 2 0 1 が通信端末装置 2 5 1 に通信終了の通知を行い、通信端末装置 2 5 1 がこの通知を受け付け、通信が終了する。

送信方法及び変調方式の変更の仕方

- 上述した一連の通信手順において、基地局装置 2 0 1 が適用する送信方法及び変調方式の時間推移に伴う変更の様子を図 9 に示す。ここでは、変調方式が
- 10 Q P S K、1 6 Q A M、6 4 Q A M の 3 つが用いられるものとする。この図において、時間 t_0 で基地局装置 2 0 1 と通信端末装置 2 5 1 との通信が開始され、時間 $t_1 \sim t_2$ では送信方法 X 及び Q P S K が用いられるとする。時間 t_2 では変調方式のみが Q P S K から 1 6 Q A M に変更され、時間 $t_2 \sim t_3$ では送信方法 X 及び 1 6 Q A M が用いられる。さらに、時間 t_3 では再度変調方
- 15 式のみが変更され、1 6 Q A M から 6 4 Q A M に変更される。時間 $t_3 \sim t_4$ では送信方法 X 及び 6 4 Q A M が用いられ、時間 t_5 で通信が終了する。

- さらに、時間 t_6 で上記の基地局装置 2 0 1 と通信端末装置 2 5 1 が通信を開始すると、時間 $t_7 \sim t_8$ で送信方法 Y 及び 6 4 Q A M が用いられるとする。時間 t_8 では変調方式のみが 6 4 Q A M から 1 6 Q A M に変更され、時間 t_8
- 20 $\sim t_9$ では送信方法 Y 及び変調方式 1 6 Q A M が用いられる。さらに、時間 t_9 では再度変調方式のみが変更され、1 6 Q A M から Q P S K に変更される。時間 $t_9 \sim t_{10}$ では送信方法 Y 及び Q P S K が用いられ、時間 t_{11} で通信が終了する。

- なお、時間 t_2 、 t_3 、 t_8 及び t_9 の変調方式の変更は、図 8 に示す S T
- 25 6 0 6 における変調方式要求を反映した結果であり、電波伝搬環境に応じた変調方式に変更される。

このように、送信方法は通信開始時に決定され、通信開始から通信終了まで

は送信方法の変更は行わず、変調方式のみを変更するものとする。

図9に示す以外の送信方法及び変調方式の変更の仕方

ところで、図9に示すような送信方法及び変調方式の変更の仕方以外にも、図10に示す変更の仕方もある。以下、図10について説明する。

- 5 図10において、時間 t_0 で基地局装置と通信端末装置との通信が開始され、時間 $t_1 \sim t_2$ では送信方法X及びQPSKが用いられる。時間 t_2 では、送信方法Xから送信方法Yに、変調方式がQPSKから16QAMに変更される。時間 t_3 では、送信方法Yから送信方法Xに、変調方式が16QAMから64QAMに変更される。時間 t_4 では送信方法のみがXからYに変更され、時間
- 10 t_5 では変調方式だけが64QAMから16QAMに変更される。時間 t_7 で通信が終了する。

- このように、通信中に送信方法及び変調方式の両方を電波伝搬環境に応じて変更することも考えられる。ところが、このような変更の仕方では、変更の際に選択することができる送信方法及び変調方式の組合せ（以下、単に「組合せ」という）が多くなり、複雑なシステムとなってしまう。すなわち、多くの組合
- 15 せの中から1つの組合せを選択することになると、電波伝搬環境の推定を高精度に行う必要があり、高精度な推定を行わないと電波伝搬環境に適していない組合せを選択してしまう可能性があり、受信品質の劣化を招いてしまう。

- また、電波伝搬環境の推定精度を向上させれば、電波伝搬環境に適した組合
- 20 せを選択することができるものの、高精度な推定を通信端末装置が行うことになると、通信端末装置の電波伝搬環境推定精度にシステムの安定性が依存することになり、端末装置の小型化、低消費電力化を図ることが困難となる。

- したがって、図9に示したように、通信中に送信方法の変更を行わず、変調方式の変更のみを行うことにより、基地局装置及び通信端末装置が複雑な通信
- 25 手続きを行わずに済む。また、通信端末装置の電波伝搬環境の推定精度を緩和してもよく、通信端末装置の小型化、低消費電力化を図ることができ、さらに、システム全体の処理負担が増大することを防ぐことができる。

ちなみに、このように通信中に送信方法を変更しないとしても、伝搬モデルは急激には変化しない。また、送信方法Yは、データの伝送速度は高速であるが、伝搬モデルが受信品質に多大な影響を与える。

送信方法X又は送信方法Yと組合せる変調方式

- 5 図11は、送信方法X及び送信方法Yと各変調方式との組合せによる単位時間当たりの送信ビット数を示したものである。送信方法Yは、各変調方式において送信方法Xの送信ビット数の2倍を送信することができる。ここで、送信方法Yが64QAMで単位時間当たりに送信するビット数と同じ伝送量を送信方法Xでも得ることを考えると、送信方法Xは4096QAMとの組合せを
10 実現する必要がある。

ところが、送信方法Xで4096QAMとしたときの受信品質は、送信方法Yで64QAMとしたときの受信品質より悪い。このため、受信品質と伝送速度を共に向上させるためには、送信方法Xで4096QAMを実現することは好ましくない。

- 15 また、図5に示した基地局装置201における増幅器4034及び4044の入出力特性について図12を用いて考えてみる。図12は、増幅器の入出力特性を示す図である。この図において、横軸を入力レベル、縦軸を出力レベルとし、QPSKの入力範囲をA1、64QAMの入力範囲をA2、4096QAMの入力範囲をA3とする。また、異なる2つの入出力特性について実線と
20 点線でそれぞれ示した。実線で示した入出力特性を有する増幅器（以下、「増幅器P1」と記す）は入力特性をA2の範囲とし、点線で示した入出力特性を有する増幅器（以下、「増幅器P2」と記す）は入力特性をA3の範囲とする。
なお、変調方式が変わらなければ、変調信号の振幅変動範囲、すなわち入力範囲も送信方法にかかわらず変わらない。また、一般的に、変調多値数が大きい
25 ほど、変調信号の振幅変動範囲は大きくなる。

送信方法Yで最大変調多値数を64QAMとすれば、増幅器P1を用いれば十分である。これに対し、送信方法Yと64QAMとの組合せによる伝送速度

を送信方法Xで実現するためには、4096QAMの変調方式を用いる必要があり、この場合、増幅器P2を用いなければならない。増幅器P2の出力特性は増幅器P1の出力特性より広範囲な出力レベルにわたり、受信装置では変動範囲の広い信号を処理することになるため、受信装置はこの信号の線形性を確保しなければならず、回路構成が複雑になってしまう。

また、増幅器P2は増幅器P1より消費電力が大きいと、電力効率が悪い。うえ、増幅器自体の規模も大きい。

これらのことから、送信方法X又は送信方法Yと組合せる変調方式の最大変調多値数は等しくすることが望ましい。これにより、送信装置の消費電力を抑えられ、受信装置の回路構成を簡素化することができる。

送信アンテナ数を4本としたときの変調多値数の最大値

上述したような送信アンテナ数を2本とする場合から、送信アンテナ数を4本とする場合に変更し、4本の送信アンテナからそれぞれ変調信号を送信する場合に切り替えるとき、送信アンテナ数を4本とするときの変調多値数の最大値を、送信アンテナ数を2本とするときの変調多値数の最大値より小さくすることにより、受信装置では変動範囲の広い信号を処理しないので、受信装置の回路構成を簡素化することができる。

上述した変調多値数についての説明は、シングルキャリア方式に限らず、OFDM方式を含むマルチキャリア方式を用いた場合でも同様である。また、スペクトル拡散方式を用いていても、用いていなくてもよい。

このように本実施の形態によれば、基地局装置及び通信端末装置のそれぞれが複数のアンテナを備え、基地局装置は、互いに同じデータが含まれた変調信号Aと変調信号Bとを複数のアンテナからそれぞれ送信する送信方法Xと、互いに異なるデータが含まれた変調信号Aと変調信号Bとを複数のアンテナからそれぞれ送信する送信方法Yとのいずれかの送信方法を通信開始時に決定し、通信中は送信方法を変更せず、変調方式のみを変更することにより、データの伝送速度と伝送品質の向上を共に図ることができる。

なお、本実施の形態では、通信端末装置は通信開始時に基地局装置から送信された伝搬モデル推定シンボルを用いて伝搬モデルを推定し、送信方法を要求しているが、例えば、基地局装置が他の通信端末装置と通信を行っている際に、基地局装置が送信している電波伝搬環境推定シンボルやデータシンボルを受
5 信し、これらを用いて伝搬モデルを推定し、通信開始時に送信方法を要求するようにしてもよい。これにより、伝搬モデル推定シンボルをフレームに挿入する必要がなくなるため、データの伝送速度をさらに高速にすることができる。

また、本実施の形態では、通信端末装置が固有値及び受信電界強度に基づいて、送信方法及び変調方式の決定を行っているが、本発明はこれに限らず、
10 ビットエラー率、パケット損失率及びフレームエラー率のうち少なくとも一つと受信電界強度とに基づいて送信方法及び変調方式を決定してもよい。例えば、受信電界強度が強いものの、ビットエラー率が高い場合、送信方法Xに決定するといった具合である。

(実施の形態2)

15 実施の形態1では、通信中に送信方法の変更を行わないものとして説明したが、本実施の形態では通信中に送信方法の変更を行う場合について説明する。

本実施の形態における基地局装置及び通信端末装置の構成は実施の形態1と同じなので、図5及び図6を代用し、その詳しい説明は省略する。

図13は、本発明の実施の形態2に係る基地局装置と通信端末装置の通信手
20 順を示すシーケンス図である。ただし、この図のST1101～ST1108は図8のST601～ST608と同一であり、また、ST1111～ST1114はST605～ST608と同一であるので、その詳しい説明は省略する。

ST1109では、通信端末装置が基地局装置から送信された伝搬モデル推
25 定シンボルを用いて、チャネル変動を推定し、実施の形態1の式(2)で示したチャネル行列の固有値に基づいて、基地局装置が適用する送信方法及び変調方式を通信中に決定する。通信端末装置は、決定した送信方法及び変調方式を

基地局装置に対して要求する。基地局装置はこの要求を受け付ける。

ST1110では、基地局装置が通信端末装置から送信された要求に基づいて、送信方法及び変調方式を決定し、決定した組合せを送信方法通知シンボルを用いて通信端末装置に通知する。

- 5 ST1115では、基地局装置が通信端末装置に通信終了の通知を行い、通信端末装置がこの通知を受け付け、通信が終了する。

このような一連の通信手順において、基地局装置が適用する送信方法及び変調方式の時間推移に伴う変更の様子を図14に示す。ここでは、変調方式がQPSK、16QAM、64QAMの3つが用いられるものとする。この図において、時間 t_0 で基地局装置と通信端末装置との通信が開始され、時間 $t_1 \sim t_2$ では送信方法X及びQPSKが用いられるとする。時間 t_2 では変調方式のみがQPSKから16QAMに変更され、時間 $t_2 \sim t_3$ では送信方法X及び16QAMが用いられる。さらに、時間 t_3 では再度変調方式のみが変更され、16QAMから64QAMに変更される。時間 $t_3 \sim t_4$ では送信方法X
10 及び64QAMが用いられる。

時間 t_4 では、通信端末装置が送信方法及び変調方式の変更要求を行い、送信方法については送信方法Yへ、変調方式については64QAMを維持する要求を行う。

時間 t_5 では、通信中において送信方法の変更が行われ、送信方法Xから送信方法Yへの変更が行われ、変調方式については64QAMのまま維持される。
20 時間 $t_5 \sim t_6$ では送信方法Y及び64QAMが用いられる。

時間 t_6 では変調方式のみが64QAMから16QAMに変更され、時間 $t_6 \sim t_7$ では送信方法Y及び変調方式16QAMが用いられる。さらに、時間 t_7 では再度変調方式のみが変更され、16QAMからQPSKに変更される。
25 時間 $t_7 \sim t_8$ では送信方法Y及びQPSKが用いられ、時間 t_9 で通信が終了する。

このように、送信方法の変更を通信中においても所定の時間間隔で行うこと

により、伝搬路モデルの変更に対応することができる。なお、所定の時間間隔は不必要に送信方法の変更が行われないような間隔とする。

このように本実施の形態によれば、通信時間が長くなる場合には、伝搬モデルが変化することもあるので、通信中に送信方法の変更を行うことにより、通信中に伝搬モデルが変化した場合でも、受信品質の向上と伝送速度の高速化の両立を図ることができる。

なお、本実施の形態において、通信開始時は伝搬モデルの推定を行わず、強制的に送信方法Xで通信を開始し、通信中に電波伝搬環境推定シンボルを用いて、伝搬モデルの推定を行うようにしてもよい。これにより、伝搬モデル推定シンボルをフレームに挿入する必要性がなくなるため、データの伝送速度をさらに高速にすることができる。

また、実施の形態1及び実施の形態2では、スペクトル拡散通信方式について説明したが、これに限らず、例えば、拡散部を削除したシングルキャリア方式、またはOFDM方式においても同様に実施することができる。

15 (実施の形態3)

実施の形態1では、スペクトル拡散通信方式の場合について説明したが、本発明の実施の形態3では、OFDM方式において通信開始時の送信方法及び変調方式を固定とする場合について説明する。

図15は、本発明の実施の形態3におけるフレーム構成を示す図である。ただし、図15が図3と共通する部分には、図3と同一の符号を付し、その詳しい説明を省略する。図15が示すように、OFDM方式は時間方向のみならず、周波数方向にもシンボルを配置する方式であり、ここでは、キャリア数を4とする。各キャリアは送信方法通知シンボル102、電波伝搬環境推定シンボル103、データシンボル104の順に配置される。

25 図15Aは、送信方法Xにおける変調信号Aと変調信号Bのフレーム構成を示す図である。キャリア1についてみると、図3Aで示したデータシンボルの配置と同様であり、このような配置のデータシンボルが送信される。キャリア

2～キャリア4についても、キャリア1と同様の符号が施されたデータシンボルが配置され、配置されたデータシンボルが送信される。

図15Bは、送信方法Yにおける変調信号Aと変調信号Bのフレーム構成を示す図である。キャリア1についてみると、図3Bで示したデータシンボルの配置と同様であり、キャリア1は情報内容の異なるデータシンボルを送信する。キャリア2～キャリア4についても、キャリア1と同様に情報内容の異なるデータシンボルが配置され、配置されたデータシンボルが送信される。

図15は、データシンボルを時間領域に符号化されたOFDM方式の場合について示したが、図16に示すように周波数領域に符号化されたOFDM方式の場合でもよい。図16Aは送信方法Xのフレーム構成を、図16Bは送信方法Yのフレーム構成をそれぞれ示す。このとき、図4に示すアンテナ252においてキャリア1、時間tの受信信号を $R1(t, 1)$ とし、キャリア2、時間tの受信信号を $R1(t, 2)$ とすると、以下の式が成り立つ。

$$\begin{pmatrix} R1(i,1) \\ R1(i,2) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h11(i) & h21(i) \\ h21^*(i) & -h11^*(i) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} SyA \\ SyB \end{pmatrix} \quad \dots (3)$$

ただし、キャリア3及びキャリア4においても同様に符号化されていてもよい。

図17は、本発明の実施の形態3に係る基地局装置の構成を示すブロック図である。ただし、図17が図5と共通する部分は、図5と同一の符号を付し、その詳しい説明は省略する。この図において、データ系列生成部1401は、フレーム生成指示部401の指示（フレーム生成指示信号S71）にしたがって送信ディジタル信号から、図15で示したようなフレーム構成に対応する変調信号Aの送信ディジタル信号S72及び変調信号Bの送信ディジタル信号S73を生成する。生成された変調信号Aの送信ディジタル信号S72はデータ系列生成部1401から送信処理部1402に出力され、変調信号Bの送信ディジタル信号S73は送信処理部1405に出力される。

送信処理部1402は、データ系列生成部1401から出力された変調信号

Aの送信デジタル信号S 7 2について、送信処理部1 4 0 5は、データ系列生成部1 4 0 1から出力された変調信号Bの送信デジタル信号S 7 3について、それぞれフレーム生成指示部4 0 1からの指示にしたがって送信処理を行う。送信処理部1 4 0 2と送信処理部1 4 0 5の内部構成は同一なので、以

5 下、送信処理部1 4 0 2内の構成について説明する。

S/P変換部1 4 0 3は、変調部4 0 3 1から出力されたシリアル信号S 7 4をパラレル信号S 7 5に変換して、変換後のパラレル信号S 7 5をIDFT部1 4 0 4に出力する。

IDFT部1 4 0 4は、S/P変換部1 4 0 3から出力されたパラレル信号
10 S 7 5に逆離散フーリエ変換 (Inverse Discrete Fourier Transform) を施すことにより、OFDM信号S 7 6を形成し、形成したOFDM信号S 7 6を無線部4 0 3 3に出力する。

図1 8は、本発明の実施の形態3に係る通信端末装置の構成を示すブロック図である。ただし、図1 8が図6と共通する部分には、図6と同一の符号を付
15 し、その詳しい説明は省略する。

無線部5 0 1は、アンテナ2 5 2で受信された信号S 9 0に所定の無線処理 (ダウンコンバートやA/D変換等) を行い、無線処理後の信号S 9 1をDFT部1 5 0 1及び受信電界強度推定部1 5 0 9に出力する。

DFT部1 5 0 1は、無線部5 0 1から出力された信号S 9 1に離散フーリエ変換 (Discrete Fourier Transform) を施し、変換後の信号S 9 2を第1伝
20 送路推定部1 5 0 2、第2伝送路推定部1 5 0 3及び復調部1 5 0 7に出力する。

第1伝送路推定部1 5 0 2は、DFT部1 5 0 1から出力された信号S 9 2のうち、変調信号Aの電波伝搬環境推定シンボルを用いて、変調信号Aの伝送
25 路推定、すなわち、チャネル変動の推定を行う。推定された変調信号Aの伝送路情報は伝送路推定信号S 9 3として、第1伝送路推定部1 5 0 2から復調部1 5 0 7に出力される。

第2伝送路推定部1503は、DFT部1501から出力された信号S92のうち、変調信号Bの電波伝搬環境推定シンボルを用いて、変調信号Bの伝送路（チャンネル変動）推定を行う。推定された変調信号Bの伝送路情報は伝送路推定信号S94として、第2伝送路推定部1503から復調部1507に出力
5 される。第1伝送路推定部1502及び第2伝送路推定部1503から出力された伝送路信号S93及びS94には、キャリア1～キャリア4における伝送路情報が含まれている。

なお、アンテナ253で受信された信号S95は、無線部506、DFT部1504、第1伝送路推定部1505及び第2伝送路推定部1506において、
10 上述した処理と同様の処理が行われるので、その詳しい説明は省略する。

復調部1507は、第1伝送路推定部1502及び1505、第2伝送路推定部1503及び1506から出力された伝送路情報S93、S94、S98、S99を用いて、DFT部1501及びDFT部1504から出力された信号S92及びS97の復調を行う。このとき、復調部1507では、DFT部1
15 501及びDFT部1504から出力された信号S92及びS97の送信方法通知シンボルから、当該信号の送信方法（X又はY）、変調方式及び誤り訂正方式を取得し、取得した内容に応じてデータシンボルを復調し、変調信号Aの受信デジタル信号S100と変調信号Bの受信デジタル信号S101を得る。なお、復調の際には、式（1）及び式（2）の関係式に基づいて行わ
20 れる。復調された信号は、復調部1507から受信デジタル信号S100及びS101として出力されると共に、受信品質推定部1508に出力される。

受信品質推定部1508は、復調部1507から出力された信号S100及びS101に基づいて、ビットエラー率、パケット損失率、フレームエラー率などを算出し、これにより受信品質を推定する。推定結果は受信品質推定信号
25 S102として、受信品質推定部1508から送信方法決定部1510及び変調方式決定部1511に出力される。

受信電界強度推定部1509は、無線部501及び無線部506から出力さ

れた信号S 9 1及びS 9 6に基づいて、受信電界強度を推定し、推定結果を受信電界強度推定信号S 1 0 3として送信方法決定部1 5 1 0及び変調方式決定部1 5 1 1に出力する。

送信方法決定部1 5 1 0は、受信品質推定部1 5 0 8から出力された受信品質推定信号S 1 0 2と、受信電界強度推定部1 5 0 9から出力された受信電界強度推定信号S 1 0 3とに基づいて、基地局装置に要求する送信方法X又は送信方法Yを後述する所定のタイミングで決定し、送信方法要求情報として出力する。例えば、受信電界強度は確保できているが、受信品質が確保できていない場合、送信方法Xを決定し、受信電界強度に対して、受信品質が十分確保できている場合、送信方法Yを決定する。

変調方式決定部1 5 1 1は、受信品質推定部1 5 0 8から出力された受信品質推定信号S 1 0 2と、受信電界強度推定部1 5 0 9から出力された受信電界強度推定信号S 1 0 3とに基づいて、基地局装置に要求する変調方式を後述する所定のタイミングで決定する。決定された方式は、変調方式要求情報として通信端末装置から出力される。変調方式要求情報と送信方法要求情報は、基地局装置に伝送される。

次に、上述した構成を有する基地局装置と通信端末装置の動作について説明する。図1 9は、本発明の実施の形態3に係る基地局装置及び通信端末装置の通信手順を示すシーケンス図である。この図において、S T 1 6 0 1では、通信端末装置が基地局装置に対して通信開始の要求を行い、基地局装置がこの要求を受け付ける。

S T 1 6 0 2では、基地局装置がS T 1 6 0 1で行った通信開始要求を受け付けると共に、送信方法X、変調方式をB P S Kで電波伝搬環境推定シンボルやデータシンボルを通信端末装置に送信する。これにより、通信開始直後のデータシンボルの受信品質を高めることができ、通信端末装置において高い復調精度を実現することができる。

以下、S T 1 6 0 3～S T 1 6 0 9は、図8のS T 6 0 3～S T 6 0 9に対

応するので、その詳しい説明は省略する。

このような一連の通信手順において、基地局装置が適用する送信方法及び変調方式の時間推移に伴う変更の様子を図20に示す。ここでは、変調方式がQPSK、16QAM、64QAMの3つが用いられるものとする。この図において、時間t0で基地局装置と通信端末装置との通信が開始され、時間t1～t3では送信方法X及びBPSKが強制的に用いられる。時間t2では通信端末装置から送信方法及び変調方式の変更要求があり、時間t3では変調方式のみがBPSKから16QAMに変更され、時間t3～t5では送信方法X及び16QAMが用いられる。さらに、時間t4では通信端末装置から変調方式のみの変更要求があり、時間t5では再度変調方式のみが変更され、16QAMから64QAMに変更される。時間t5～t6では送信方法X及び64QAMが用いられ、時間t7で通信が終了する。

さらに、時間t8で上記の基地局装置と通信端末装置が通信を開始すると、時間t9～t11で送信方法X及びBPSKが強制的に用いられる。時間t10では通信端末装置から送信方法及び変調方式の変更要求があり、時間t11では送信方法がXからYに変更され、変調方式がBPSKから16QAMに変更され、時間t11～t13では送信方法Y及び16QAMが用いられる。さらに、時間t12では通信端末装置から変調方式のみの変更要求があり、時間t13では再度変調方式のみが変更され、16QAMからQPSKに変更される。時間t13～t14では送信方法Y及びQPSKが用いられ、時間t15で通信が終了する。

このように、基地局装置は、誤り耐性が強く、高い受信品質が得られる送信方法X及びBPSKを、通信開始の際、強制的に用いることにより、通信開始からデータ送信までの通信手順を簡略化することができ、通信端末装置は通信開始直後のデータを確実に復調することができる。

このように本実施の形態によれば、基地局装置及び通信端末装置のそれぞれが複数のアンテナを備え、互いに同じデータが含まれた第1の変調信号と第2

の変調信号とを複数のアンテナからそれぞれ送信する第1の送信方法と、互いに異なるデータが含まれた第3の変調信号と第4の変調信号とを複数のアンテナからそれぞれ送信する第2の送信方法とのいずれかの送信方法のうち、誤り耐性の強い送信方法と変調方式とを通信開始時に強制的に適用することにより、通信開始からデータ送信までの通信手順を簡略化することができ、通信
5 端末装置は通信開始直後のデータを確実に復調することができる。また、OFDM方式においてもデータの伝送速度と伝送品質の向上を共に図ることができる。

なお、本実施の形態においては、通信開始時に送信方法及び変調方式を固定
10 とした場合について説明したが、送信方法のみを固定とし、変調方式は選択可能としてもよい。

また、本実施の形態においては、送信方法及び変調方式の選択をビットエラー率、パケット損失率、フレームエラー率等の受信品質に基づいて行っているが、実施の形態1で説明したチャネル行列の固有値に基づいて行ってもよい。

15 (実施の形態4)

実施の形態3では、通信開始時に送信方法及び変調方式を選択せずに、通信中に1回のみ送信方法を変更する場合について説明したが、本発明の実施の形態4では、通信中に所定の時間間隔で送信方法の変更を行う場合について説明する。

20 本実施の形態における基地局装置及び通信端末装置の構成は実施の形態3と同じなので、図17及び図18を代用し、その詳しい説明は省略する。

図21は、本発明の実施の形態4に係る基地局装置と通信端末装置の通信手順を示すシーケンス図である。ただし、この図のST1906及びST1907のみが図19のST1606及びST1607と異なり、その他の手順については図19と同一なので、ST1906及びST1907についてのみ説明
25 する。

ST1906では、通信端末装置が通信開始から所定時間経過後、基地局装

置が適用する送信方法及び変調方式を決定し、決定した内容を基地局装置に要求する。基地局装置はこの要求を受け付ける。

ST 1907では、基地局装置が通信端末装置から送信された要求に基づいて、送信方法及び変調方式を決定し、決定した送信方法及び変調方式を送信方法通知シンボルを用いて通信端末装置に通知する。

このような一連の通信手順において、基地局装置が適用する送信方法及び変調方式の時間推移に伴う変更の様子を図22に示す。ここでは、変調方式がQPSK、16QAM、64QAMの3つが用いられるものとする。この図において、時間 t_0 で基地局装置と通信端末装置との通信が開始され、時間 $t_1 \sim t_3$ では送信方法X及びBPSKが強制的に用いられる。時間 t_2 では通信端末装置が送信方法をXからYへ、変調方式をBPSKから16QAMへ変更する要求を行い、時間 $t_3 \sim t_5$ では送信方法Y及び16QAMが用いられる。さらに、時間 t_4 では通信端末装置が変調方式のみを16QAMから64QAMへ変更する要求を行い、時間 $t_5 \sim t_6$ では送信方法Y及び64QAMが用いられる。

時間 t_6 では、通信端末装置が送信方法及び変調方式の変更要求を行い、送信方法についてはYからXへ、変調方式については64QAMを維持する要求を行う。

時間 t_7 では、通信中において送信方法の変更が行われ、時間 $t_7 \sim t_9$ では送信方法X及び64QAMが用いられる。

時間 t_8 では通信端末装置が変調方式のみを64QAMから16QAMに変更する要求を行い、時間 $t_9 \sim t_{11}$ では送信方法X及び16QAMが用いられる。さらに、時間 t_{10} では通信端末装置が再度変調方式のみを16QAMからQPSKに変更する要求を行い、時間 $t_{11} \sim t_{12}$ では送信方法X及びQPSKが用いられ、時間 t_{13} で通信が終了する。

このように、送信方法の変更を通信中においても所定の時間間隔で行うことにより、伝搬路モデルの変更に対応することができる。なお、所定の時間間隔

は不必要に送信方法の変更が行われないような間隔とする。

このように本実施の形態によれば、通信時間が長くなる場合には、伝搬モデルが変化することもあるので、通信中に送信方法の変更を行うことにより、通信中に伝搬モデルが変化した場合でも、受信品質の向上と伝送速度の高速化の

5 両立を図ることができる。

なお、実施の形態3及び実施の形態4では、OFDM方式について説明したが、これに限ったものではなく、例えば、拡散部を加え、スペクトル拡散方式を用いたOFDM方式でも同様に実施することができる。また、OFDM方式以外のマルチキャリア方式でも同様に実施することができる。

10 (実施の形態5)

実施の形態1から実施の形態4では、送信方法Xとして、時空間ブロック符号又は時空間トレリス符号を用いた方式を、送信方法Yとして、式(2)に示すように互いに異なる複数のデータを同時に伝送する方式を用いた場合について説明したが、本発明の実施の形態5では、時空間ブロック符号及び時空間
15 トレリス符号とは異なる送信方法Xとして、サイクリックディレイダイバーシチ(CDD: Cyclic Delay Diversity)などのダイバーシチゲインが得られる送信方法について説明する。

以下、CDDについて図23を用いて説明する。図23は、12シンボルを用いてCDDを行うときのフレーム構成を示す。この図において、送信信号A
20 及び送信信号Bは異なるアンテナから送信されるフレームであり、例えば、送信信号Aは図4に示すアンテナ202から送信され、送信信号Bは図4に示すアンテナ203から送信される。

送信信号Aは、CDDに用いるシンボル S_{y1} , S_{y2} , ..., S_{y11} , S_{y12} で順に構成され、それぞれのシンボルは時間 $i+1$, $i+2$, ..., $i+11$, $i+12$ で送信される。
25

送信信号Bは、送信信号Aのシンボルの並びが6シンボル分巡回シフトされ、 S_{y7} , S_{y8} , ..., S_{y5} , S_{y6} で順に構成され、それぞれのシンボルは

時間 $i + 1$, $i + 2$, \dots , $i + 11$, $i + 12$ で送信される。

このようなフレーム構成をとることにより、受信装置では、等化器においてダイバーシチゲインを得ることができるため、データの受信品質が向上する。よって、CDDは送信方法Yより伝送速度が低速であるが、受信品質が良好であるといえることができる。したがって、時空間ブロック符号、時空間トレリス符号と同様の送信方法として、CDDを用いても実施の形態1から実施の形態4を実施することができる。

(実施の形態6)

実施の形態5では、送信方法Xとして、時空間ブロック符号及び時空間トレリス符号とは異なるCDDを用いた方式について説明したが、本発明の実施の形態6では、さらに、MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) システムにおける固有モードと称する通信モードを送信方法Xとする場合について説明する。

MIMOシステムでは、受信局だけでなく送信局側においても両局間の伝搬チャンネルの推定結果であるチャンネル状態情報 (Channel State Information) が既知である場合に、送信局が送信チャンネルシグネチャベクトル (channel signature vector) を用いてベクトル化した信号を送信アレーアンテナより受信局に対して送信し、さらに受信局で、受信アレーアンテナの受信信号から、送信チャンネルシグネチャベクトルに対応付けられた受信チャンネルシグネチャベクトルを用いて、送信信号を検出し復調する通信方法を実現することができる。

このMIMOシステムにおいては、通信空間に複数のチャンネルを構成した信号を多重伝送する通信モードとして、チャンネル行列の特異ベクトル (singular vector) 又は固有ベクトル (eigen vector) を利用した固有モード (eigenmode) がある (例えば、文献“MIMOチャンネルにおける固有ビーム空間分割多重 (E-SDM) 方式” 電子情報通信学会、信学技法RCS2002-53、2002年5月に示されている。))。

この固有モードは、これら特異ベクトルや固有ベクトルをチャネルシングネチャベクトルとして利用する方法である。ここでチャネル行列は、送信アレーアンテナの各アンテナ素子と受信アレーアンテナのアンテナ素子の全て又は一部との組み合わせの複素チャネル係数を要素とする行列である。

- 5 図24は、MIMOシステムにおいて、固有モードに代表されるビーム空間モードを用いたチャネル多重通信システムの構成を示す。まず、基地局装置2300について説明する。多重フレーム生成部2301は入力された送信データ系列を、多重化チャネルへマッピングするために複数の送信フレームを生成し、生成した複数の送信フレームをベクトル多重化部2303に出力する。
- 10 送信チャネル解析部2302は基地局装置2300と通信端末装置2310間のチャネル状態情報に基づいて、多重化チャネルを構成するために複数の送信チャネルシングネチャベクトルを算出する。送信チャネル解析部2302は算出した送信チャネルシングネチャベクトルをベクトル多重化部2303に出力する。
- 15 ベクトル多重化部2303は多重フレーム生成部2301から出力された各々の送信フレームに送信チャネル解析部2302から出力された別々のチャネルシングネチャベクトルを掛け合わせて合成する。ベクトル多重化部2303は合成した信号を送信アレーアンテナ2304を介して通信端末装置2310に対して送信する。
- 20 次に、通信端末装置2310について説明する。受信チャネル解析部2311は基地局装置2300と通信端末装置2310間のチャネル状態情報に基づいて、多重化された送信信号を分離するために複数の受信チャネルシングネチャベクトルを算出する。受信チャネル解析部2311は算出した複数の受信チャネルシングネチャベクトルを多重信号分離部2313に出力する。
- 25 多重信号分離部2313は、受信アレーアンテナ2312を介して受信した信号（受信信号）に受信チャネル解析部2311から出力された各々のチャネルシングネチャベクトルを掛け合わせるにより、複数の受信フレームを生成

する。多重信号分離部 2 3 1 3 は生成した複数の受信フレームをマルチフレーム合成部 2 3 1 4 に出力する。

マルチフレーム合成部 2 3 1 4 は、多重化チャネルにマッピングされた信号を合成して受信データ系列を得る。

- 5 ここで、基地局装置 2 3 0 0 が送信方法 X と送信方法 Y とを切り替えて送信する機能を有しているものとし、基地局装置 2 3 0 0 が有する送信装置の構成を図 2 5 に示す。ただし、図 2 5 が図 5 と共通する部分には、図 5 と同一の符号を付し、その詳しい説明は省略する。

- 10 図 2 5 において、送信方法要求情報が送信方法 X、すなわち固有モードを示している場合、信号処理部 2 4 0 1 は通信相手（通信端末装置 2 3 1 0）からのチャネル状態情報を用いて、上述の信号処理を施す。一方、送信方法要求情報が送信方法 Y、すなわち式（2）に示すような送信方法を示している場合、信号処理部 2 4 0 1 は信号処理を施さずに、信号 S 5 を信号 S 1 1 0 として出力し、信号 S 9 を信号 S 1 1 1 として出力する。

- 15 このように、固有モードを用いることにより、受信装置では、直接波が支配的な受信環境において、良好な受信品質を得ることができる。したがって、時空間ブロック符号、時空間トレリス符号と同様の送信方法として、固有モードを用いても実施の形態 1 から実施の形態 4 を実施することができる。

（実施の形態 7）

- 20 本発明の実施の形態 7 では、実施の形態 6 において説明した固有モードを用いた送信方法と式（2）に示したような送信方法との切り替え方法について説明する。

- 25 一般に知られている通信形態には、図 2 6 A に示す point-to-multiple point 型の通信形態と、図 2 6 B に示す point-to-point 型の通信形態と、図 2 6 C に示す point-to-point 型の通信形態がある。

図 2 6 A では、基地局が複数の通信端末と同時に通信を行っており、図 2 6

Bでは、2台の通信端末が通信を行っている様子を示す。同様に、図26Cでは、基地局と1台の通信端末が通信を行っている様子を示す。

ところで、固有モードには改善すべき点として以下のことが考えられる。第1に、通信相手からチャネル状態情報を取得する必要があるため、複数の通信相手と通信を行っている場合、この複数の通信相手からチャネル状態情報をそれぞれ取得する必要があるため、これによりデータの伝送効率が低下してしまう。第2に、複数の通信相手に対して固有ビームを形成するには、複雑な信号処理を行う必要がある。

これらのことから、複数の通信相手が存在する point-to-multipoint 型の通信形態では、固有モードを用いることは好ましくない。よって、固有モードは point-to-point 型の通信形態で用いることが好ましい。すなわち、point-to-point 型の通信形態において固有モードを用いることにより、上記固有モードの改善すべき点を考慮することなく、式(2)に示すような送信方法(送信方法Y)を用いるよりも伝送速度の高速化、受信品質の向上を図ることができる。ただし、通信相手数に応じて送信方法を切り替えるには、自局が通信している通信相手の数を通信相手に送信する必要があるため、送信フレームに“通信相手数の情報”のシンボルを挿入しなければならない。

送信方法が設定された後は、実施の形態1から実施の形態4で説明したように、変調方式を変更することにより、データ伝送速度と伝送品質の両立を図ることができる。なお、送信方法の設定は実施の形態1から実施の形態4で説明した方法を用いることとする。

ここで、上述したような通信相手数に応じて送信方法を切り替える場合のさらなる効果について図27を用いて説明する。図27が示すように、2台の通信端末A及びBと通信している基地局のセル内で、他の通信端末C及びDの2台が固有モードで通信を行うことができる。これは、固有モードを用いた送信方法は、通信相手に向けた固有ビームを形成するため、基地局や他の通信端末

A及びBに対し、干渉を与えずに済むからである。ただし、図28に示すように固有モードを用いた通信を行っている通信端末C及びDが、送信方法Yを行っている通信局（図28では、基地局、通信端末A及びB）に対して干渉を与える場合は、例えば、固有モードを用いた通信（固有ビーム通信）を強制的に
5 終了させる割り込みのモードを基地局の送信信号に設定すればよい。

次に、基地局装置と通信端末装置の通信手順について説明する。図29は、基地局装置と通信端末装置の通信手順を示すシーケンス図である。この図において、ST2801では、通信端末装置が基地局装置に対して通信開始を要求するとともに、送信方法（固有モードを用いた送信方法又は式（2）に示すよ
10 うな送信方法）の要求を行い、基地局装置がこの要求を受け付ける。通信端末装置において要求する送信方法は、通信端末装置が通信相手と1対1（point-to-point、peer-to-peer）通信を望んでいる場合には、特に、固有モードを用いた送信方法とする。

そして、基地局装置は現在の通信形態に応じて送信方法を切り替える。すな
15 わち1対多通信を行っているか否かに応じ送信方法を切り替える。具体的には、1対多（point-to-multi point）通信を行っている場合、式（2）に示すような送信方法に決定し、要求を受けた通信端末装置のみとの通信（point-to-point型）である場合、固有モードを用いた送信方法に決定し、ST2802では、このいずれかの決定された送信方法を通
20 信端末装置に通知する。

ST2803では、通信端末装置が決定された送信方法に適する変調方式の要求を行い、基地局装置がこの要求を受け付ける。

ST2804では、基地局装置が送信された変調方式要求情報に基づいて、変調方式を決定し、決定した変調方式を通信端末装置に通知する。

25 ST2805では、基地局装置がST2802で通知した送信方法及びST2804で通知した変調方式を用いて、データを通信端末装置に送信する。

ST2806では、ST2805でのデータ通信に用いられた通信方式及び

変調方式を用いて、通信端末装置がデータを基地局装置に対し送信する。

ST 2807では、基地局装置が通信端末装置に通信終了の通知を行い、通信端末装置がこの通知を受け付け、通信が終了する。

このように本実施の形態によれば、1対1通信では送信方法Xである固有モードを用いた送信方法とし、1対多通信では送信方法Yである式(2)に示すような送信方法とすることにより、システムとしてのデータ伝送速度及び伝送品質の双方を向上させることができる。

なお、上述した各実施の形態においては、受信装置として通信端末装置を例に、送信装置として基地局装置を例に説明したが、本発明はこれに限らず、通信端末装置が送信装置として、また基地局装置が受信装置として機能してもよい。また、上述した各実施の形態においては、受信装置が送信方法及び変調方式の決定を行っているが、本発明はこれに限らず、送信装置が受信装置から固有値及び受信電界強度を通知してもらうことにより、送信方法及び変調方式を決定してもよい。

また、上述した各実施の形態においては、送信方法Xで送信するデータシンボルを $S_y A$ と $S_y A$ の複素共役である $S_y A^*$ を送信しているが、本発明はこれに限らず、例えば、 $S_y A$ を繰り返し送信してもよい。

また、上述した各実施の形態においては、送信アンテナ数及び受信アンテナ数をそれぞれ2本として説明したが、本発明はこれに限らず、送信アンテナ数及び受信アンテナ数をそれぞれ3本以上としてもよい。このとき、基地局装置における送信装置のアンテナ前段の送信処理部（例えば、変調部、拡散部、無線部、増幅器等）は送信アンテナ数に応じた数となることは言うまでもない。通信端末装置における受信装置についても同様である。また、3本以上のアンテナから任意の複数のアンテナを選択してもよい。

例えば、送信アンテナ数を4本とし、4本のアンテナから4系統の変調信号を送信するようにしてもよい。このとき、時空間符号を用いた送信方法A、時空間符号を用いない送信方法Bとすると、送信アンテナ数を2本としたときの

送信方法X及び送信方法Y、さらに送信方法A、送信方法Bのいずれかの送信方法を任意に選択することができる。なお、送信方法X及び送信方法Yの変調多値数の最大値は、送信方法A及び送信方法Bの変調多値数の最大値より大きくしても、通信端末装置の回路構成の複雑さには影響しない。

- 5 また、複数のアンテナを一組のアンテナとして扱ってもよい。すなわち、アンテナ202やアンテナ203がそれぞれ複数のアンテナであってもよい。

本発明の送信方法は、複数のアンテナを備えた送信装置が、互いに同じデータが含まれた複数の信号を複数のアンテナからそれぞれ送信する第1の送信方法と、互いに異なるデータが含まれた複数の信号を複数のアンテナからそれぞれ送信する第2の送信方法とのいずれかを決定する送信方法決定工程と、複数の変調方式のうちいずれかを決定する変調方式決定工程と、通信相手との通信手順に応じて、前記送信方法決定工程及び前記変調方式決定工程における決定処理を行うか否かを制御する制御工程と、を具備するようにした。

- 15 この方法によれば、誤り耐性の強い第1の送信方法と、データ伝送速度の速い第2の送信方法を切り替え及び変調方式の切り替えを通信相手との通信手順に応じて行うことにより、データ伝送効率を向上させることができる。

本発明の送信方法は、上記方法において、前記制御工程は、データ送信中に送信方法決定工程が決定処理を行わず、変調方式決定工程のみが決定処理を行うように制御するようにした。

- 20 この方法によれば、データ送信中に送信方法と変調方式の両方の決定、すなわち変更を行わないことになり、送信方法と変調方式を共に変更する場合に比べ、少ない処理で済むため、システムの処理負担が増大するのを回避することができる。

- 25 本発明の送信方法は、上記方法において、前記第1の送信方法に適用される変調方式と前記第2の送信方法に適用される変調方式とは、変調多値数の最大値が等しいようにした。

この方法によれば、変調多値数が大きいほど変調信号の振幅変動範囲が大き

く、これに対応する増幅器の消費電力も変調信号の振幅変動範囲が大きいほど大きくなるので、第1の送信方法と第2の送信方法とのいずれにも適用する変調多値数の最大値を等しくすることにより、増幅器の消費電力が増大することを抑えることができる。

- 5 本発明の送信方法は、上記方法において、前記第1の送信方法又は前記第2の送信方法の決定を伝送路に基づいて行うようにした。

- この方法によれば、第2の送信方法は、直接波を受信することにより受信品質が劣化する可能性が高くなるので、第1又は第2の送信方法の決定を伝送路に基づいて行うことにより、直接波を受信する場合には第1の送信方法を用い
10 ることで受信品質の劣化を回避し、直接波を受信しない場合には第2の送信方法を用いることでデータの伝送効率を向上させることができる。

本発明の送信方法は、上記方法において、前記送信方法決定工程において通信開始時に用いる送信方法が予め決定され、前記変調方式決定工程において通信開始時に用いる変調方式が予め決定されているようにした。

- 15 この方法によれば、例えば、誤り耐性の強い送信方法と変調方式とを通信開始時に強制的に適用することにより、通信開始からデータ送信までの通信手順を簡略化することができ、受信側は通信開始直後のデータを確実に復調することができる。

- 本発明の送信方法は、上記方法において、前記制御工程が、前記変調方式決定工程が決定処理を行うよりも長い時間間隔で送信方法決定工程が決定処理
20 を行うように制御するようにした。

- この方法によれば、通信時間が長くなる場合には、伝搬モデルが変化することもあるので、変調方式の変更を行うよりも長い時間間隔で送信方法の変更を行うことにより、通信中に伝搬モデルが変化した場合でも、受信品質の向上と
25 伝送速度の高速化の両立を図ることができる。

本発明の送信方法は、上記方法において、前記送信方法決定工程が、サイクリックディレイダイバーシチを前記第1の送信方法として用いるようにした。

本発明の送信方法は、上記方法において、前記送信方法決定工程が、MIMOシステムにおいてチャネル行列の特異ベクトル又は固有ベクトルをチャネルシグネチャベクトルとして利用する固有モードを前記第1の送信方法として用いるようにした。

- 5 これらの方法によれば、第1の送信方法としてサイクリックディレイダイバーシチ又は固有モードを用いた送信方法とすることにより、データ伝送効率を向上させることができる。

- 10 本発明の送信方法は、上記方法において、前記送信方法決定工程が、通信相手数に応じて前記第1の送信方法と前記第2の送信方法とを切り替えるようにした。

この方法によれば、例えば、通信相手数が1の場合、固有モードを用いた送信方法とすることにより、他の通信局に与える干渉を低減することができ、通信相手数が複数の場合、第2の送信方法とすることにより、データ伝送効率の低下を回避することができる。

- 15 本発明の通信システムは、複数のアンテナを備える送信装置と、当該送信装置の複数のアンテナから送信された信号を受信する受信装置とを備える無線通信システムにおいて、前記受信装置は、送信装置の複数のアンテナから送信された信号について伝送路を推定する伝送路推定手段と、互いに同じデータが含まれた複数の信号を複数のアンテナからそれぞれ送信する第1の送信方法
20 と、互いに異なるデータが含まれた複数の信号を複数のアンテナからそれぞれ送信する第2の送信方法とのいずれかを、推定された伝送路に基づいて決定し、決定した送信方法を前記送信装置に要求する送信方法要求手段と、推定された伝送路に基づいて、複数の変調方式のうちいずれかを決定し、決定した変調方式を前記送信装置に要求する変調方式要求手段と、前記送信装置との通信手順
25 に応じて、前記送信方法要求手段及び変調方式要求手段における要求処理を行うか否かを制御する制御手段と、を具備し、前記送信装置は、前記受信装置から要求された送信方法に対応する信号を生成する生成手段と、前記受信装置か

ら要求された変調方式で前記生成手段によって生成された信号を変調し、変調後の信号を各アンテナから送信する送信処理手段と、を具備する構成を採る。

- この構成によれば、誤り耐性の強い第1の送信方法と、データ伝送速度の速い第2の送信方法との切り替え及び変調方式の切り替えをそれぞれ伝送路推
- 5 定手段の推定結果に基づいて切り替えることにより、データの伝送効率と受信品質とを向上させることができる。

- 本発明の送信装置は、複数の送信アンテナと、互いに同じデータが含まれた複数の信号を複数のアンテナからそれぞれ送信する第1の送信方法と、互いに異なるデータが含まれた複数の信号を複数のアンテナからそれぞれ送信する
- 10 第2の送信方法とのいずれかを決定する送信方法決定手段と、複数の変調方式のうちいずれかを決定する変調方式決定手段と、通信相手との通信手順に応じて、前記送信方法決定手段及び変調方式決定手段における決定処理を行うか否かを制御する制御手段と、前記決定された送信方法及び変調方式を適用した信号を前記複数のアンテナから送信する送信処理手段と、を具備する構成を採る。
- 15 この構成によれば、誤り耐性の強い第1の送信方法と、データ伝送速度の速い第2の送信方法を切り替え及び変調方式の切り替えを通信相手との通信手順に応じて行うことにより、データ伝送効率を向上させることができる。

- 本発明の送信装置は、上記構成において、前記制御手段が、データ送信中に送信方法決定手段が決定処理を行わず、変調方式決定手段のみが決定処理を行
- 20 うように制御する構成を採る。

この構成によれば、データ送信中に送信方法と変調方式の両方の決定、すなわち変更を行わないことになり、送信方法と変調方式を共に変更する場合に比べ、少ない処理で済むため、システムの処理負担が増大することを回避することができる。

- 25 本発明の送信装置は、上記構成において、前記送信処理手段が、前記第1の送信方法に適用される変調方式と前記第2の送信方法に適用される変調方式とを、変調多値数の最大値を等しい変調方式とする構成を採る。

この構成によれば、変調多値数が大きいほど変調信号の振幅変動範囲が大き
く、これに対応する増幅器の消費電力も変調信号の振幅変動範囲が大きいほど
大きくなるので、第1の送信方法と第2の送信方法とのいずれにも適用する変
調多値数の最大値を等しくすることにより、増幅器の消費電力が増大すること
5 を抑えることができる。

本発明の送信装置は、上記構成において、前記送信方法決定手段において通
信開始時に用いる送信方法が予め決定され、前記変調方式決定手段において通
信開始時に用いる変調方式が予め決定されている構成を採る。

この構成によれば、例えば、誤り耐性の強い送信方法と変調方式とを通信開
10 始時に強制的に適用することにより、通信開始からデータ送信までの通信手順
を簡略化することができ、受信側は通信開始直後のデータを確実に復調するこ
とができる。

本発明の送信装置は、上記構成において、前記制御手段が、前記変調方式決
定手段が決定処理を行うよりも長い時間間隔で送信方法決定手段が決定処理
15 を行うように制御する構成を採る。

この構成によれば、通信時間が長くなる場合には、伝搬モデルが変化するこ
ともあるので、変調方式の変更を行うよりも長い時間間隔で送信方法の変更を
行うことにより、通信中に伝搬モデルが変化した場合でも、受信品質の向上と
伝送速度の高速化の両立を図ることができる。

20 本発明の送信装置は、上記構成において、前記送信方法決定手段が、サイク
リックディレイダイバーシチを前記第1の送信方法として用いる構成を採る。

本発明の送信装置は、上記構成において、前記送信方法決定手段が、MIM
Oシステムにおいてチャネル行列の特異ベクトル又は固有ベクトルをチャネ
ルシングネチャベクトルとして利用する固有モードを前記第1の送信方法とし
25 て用いる構成を採る。

これらの構成によれば、第1の送信方法としてサイクリックディレイダイバ
ーシチ又は固有モードを用いた送信方法とすることにより、データ伝送効率を

向上させることができる。

本発明の送信装置は、上記構成において、前記送信方法決定手段が、通信相手数に応じて前記第1の送信方法と前記第2の送信方法とを切り替える構成を採る。

- 5 この構成によれば、例えば、通信相手数が1の場合、固有モードを用いた送信方法とすることにより、他の通信局に与える干渉を低減することができ、通信相手数が複数の場合、第2の送信方法とすることにより、データ伝送効率の低下を回避することができる。

- 10 本発明の受信装置は、互いに同じデータが含まれた複数の信号を複数のアンテナからそれぞれ送信する第1の送信方法と、互いに異なるデータが含まれた複数の信号を複数のアンテナからそれぞれ送信する第2の送信方法とのいずれかを決定する送信方法決定手段と、複数の変調方式のうちいずれかを決定する変調方式決定手段と、通信相手との通信手順に応じて、前記送信方法決定手段及び変調方式決定手段における決定処理を行うか否かを制御する制御手段
15 と、決定した送信方法及び変調方式を通信相手に要求する要求手段と、を具備する構成を採る。

この構成によれば、誤り耐性の強い第1の送信方法と、データ伝送速度の速い第2の送信方法を切り替え及び変調方式の切り替えを通信相手との通信手順に応じて行うことにより、データ伝送効率を向上させることができる。

- 20 本発明の受信装置は、上記構成において、前記制御手段が、データ受信中に送信方法決定手段が決定処理を行わず、変調方式決定手段のみが決定処理を行うように制御する構成を採る。

- 25 この構成によれば、データ受信中に送信方法と変調方式の両方の決定、すなわち変更を行わないことになり、送信方法と変調方式を共に変更する場合に比べ、少ない処理で済むため、システムの処理負担が増大することを回避することができる。

本発明の受信装置は、上記構成において、受信した信号について伝送路及び

受信電界強度、あるいはいずれか一方を推定する伝送路推定手段を具備し、前記送信方法決定手段は、前記伝送路推定手段によって推定された推定結果に基づいて送信方法を決定する構成を採る。

- この構成によれば、要求手段が、受信した信号について推定した伝送路及び
- 5 又は受信電界強度に基づいて、誤り耐性の強い第1の送信方法と、データ伝送速度の速い第2の送信方法とのいずれかを決定することにより、データの伝送効率と受信品質とを向上させることができる。

- 本発明の受信装置は、上記構成において、前記第1の送信方法に適用される変調方式と前記第2の送信方法に適用される変調方式とは、変調多値数の最大
- 10 値が等しい構成を採る。

- この構成によれば、変調多値数が大きいほど変調信号の振幅変動範囲が大き
- く、これに対応する増幅器の消費電力も変調信号の振幅変動範囲が大きいほど大きくなるので、第1の送信方法と第2の送信方法とのいずれにも適用することが
- 15 できる変調多値数の最大値を等しくすることにより、送信装置における増幅器の消費電力が増大するのを抑えることができる。また、受信装置においては、振幅変動範囲が大きい信号を処理しなくてよいので、回路構成の簡易化を図ることができる。

- 本発明によれば、送信装置が複数のアンテナを備え、互いに同じデータが含まれた複数の信号を複数のアンテナからそれぞれ送信する第1の送信方法と、
- 20 互いに異なるデータが含まれた複数の信号を複数のアンテナからそれぞれ送信する第2の送信方法とのいずれかを送受信間の伝送路に基づいて決定し、複数の変調方式のうちいずれかを決定する際、通信開始から終了までは送信方法と変調方式のうち、変調方式のみを決定することにより、データの伝送速度及び受信品質を共に向上させることができる。

- 25 本明細書は、2003年6月30日出願の特願2003-188898及び2004年6月28日出願の特願2004-190418に基づくものである。この内容をここに含めておく。

産業上の利用可能性

本発明は、複数のアンテナを有する基地局装置及び通信端末装置に用いるに好適である。

請求の範囲

1. 複数のアンテナを備えた送信装置が、互いに同じデータが含まれた複数の信号を複数のアンテナからそれぞれ送信する第1の送信方法と、互いに異なるデータが含まれた複数の信号を複数のアンテナからそれぞれ送信する第2の送信方法とのいずれかを決定する送信方法決定工程と、
5 複数の変調方式のうちいずれかを決定する変調方式決定工程と、
通信相手との通信手順に応じて、前記送信方法決定工程及び前記変調方式決定工程における決定処理を行うか否かを制御する制御工程と、
を具備する送信方法。
- 10 2. 前記制御工程は、データ送信中に前記送信方法決定工程が決定処理を行わず、前記変調方式決定工程のみが決定処理を行うように制御する請求の範囲1に記載の送信方法。
3. 前記第1の送信方法に適用される変調方式と前記第2の送信方法に適用される変調方式とは、変調多値数の最大値が等しい請求の範囲1に記載の送信方法。
15 法。
4. 前記送信方法決定工程は、前記第1の送信方法又は前記第2の送信方法の決定を伝送路に基づいて行う請求の範囲1に記載の送信方法。
5. 前記送信方法決定工程において通信開始時に用いる送信方法が予め決定され、前記変調方式決定工程において通信開始時に用いる変調方式が予め決定されている請求の範囲1に記載の送信方法。
20 法。
6. 前記制御工程は、前記変調方式決定工程が決定処理を行うよりも長い時間間隔で送信方法決定工程が決定処理を行うように制御する請求の範囲1に記載の送信方法。
7. 前記送信方法決定工程は、サイクリックディレイダイバーシチを前記第1の送信方法として用いる請求の範囲1に記載の送信方法。
25 法。
8. 前記送信方法決定工程は、MIMOシステムにおいてチャネル行列の特異ベクトル又は固有ベクトルをチャネルシグネチャベクトルとして利用する固

有モードを前記第1の送信方法として用いる請求の範囲1に記載の送信方法。

9. 前記送信方法決定工程は、通信相手数に応じて前記第1の送信方法と前記第2の送信方法とを切り替える請求の範囲8に記載の送信方法。

10. 複数のアンテナを備える送信装置と、当該送信装置の複数のアンテナから送信された信号を受信する受信装置とを備える無線通信システムにおいて、
5 前記受信装置は、

送信装置の複数のアンテナから送信された信号について伝送路を推定する伝送路推定手段と、

互いに同じデータが含まれた複数の信号を複数のアンテナからそれぞれ送信する第1の送信方法と、互いに異なるデータが含まれた複数の信号を複数のアンテナからそれぞれ送信する第2の送信方法とのいずれかを、推定された伝送路に基づいて決定し、決定した送信方法を前記送信装置に要求する送信方法要求手段と、

推定された伝送路に基づいて、複数の変調方式のうちいずれかを決定し、決定した変調方式を前記送信装置に要求する変調方式要求手段と、
15

前記送信装置との通信手順に応じて、前記送信方法要求手段及び変調方式要求手段における要求処理を行うか否かを制御する制御手段と、

を具備し、

前記送信装置は、

20 前記受信装置から要求された送信方法に対応する信号を生成する生成手段と、

前記受信装置から要求された変調方式で前記生成手段によって生成された信号を変調し、変調後の信号を各アンテナから送信する送信処理手段と、

を具備する通信システム。

25 11. 複数の送信アンテナと、

互いに同じデータが含まれた複数の信号を複数のアンテナからそれぞれ送信する第1の送信方法と、互いに異なるデータが含まれた複数の信号を複数の

アンテナからそれぞれ送信する第2の送信方法とのいずれかを決定する送信方法決定手段と、

複数の変調方式のうちいずれかを決定する変調方式決定手段と、

通信相手との通信手順に応じて、前記送信方法決定手段及び変調方式決定手

5 段における決定処理を行うか否かを制御する制御手段と、

前記決定された送信方法及び変調方式を適用した信号を前記複数のアンテナから送信する送信処理手段と、

を具備する送信装置。

1 2. 前記制御手段は、データ送信中に送信方法決定手段が決定処理を行わず、
10 変調方式決定手段のみが決定処理を行うように制御する請求の範囲11に記載の送信装置。

1 3. 前記送信処理手段は、前記第1の送信方法に適用される変調方式と前記第2の送信方法に適用される変調方式とを、変調多値数の最大値を等しい変調方式とする請求の範囲11に記載の送信装置。

15 1 4. 前記送信方法決定手段において通信開始時に用いる送信方法が予め決定され、前記変調方式決定手段において通信開始時に用いる変調方式が予め決定されている請求の範囲11に記載の送信装置。

1 5. 前記制御手段は、前記変調方式決定手段が決定処理を行うよりも長い時間間隔で送信方法決定手段が決定処理を行うように制御する請求の範囲11
20 に記載の送信装置。

1 6. 前記送信方法決定手段は、サイクリックディレイダイバーシチを前記第1の送信方法として用いる請求の範囲11に記載の送信装置。

1 7. 前記送信方法決定手段は、MIMOシステムにおいてチャネル行列の特異ベクトル又は固有ベクトルをチャネルシグネチャベクトルとして利用する
25 固有モードを前記第1の送信方法として用いる請求の範囲11に記載の送信装置。

1 8. 前記送信方法決定手段は、通信相手数に応じて前記第1の送信方法と前

記第 2 の送信方法とを切り替える請求の範囲 1 7 に記載の送信装置。

1 9. 互いに同じデータが含まれた複数の信号を複数のアンテナからそれぞれ送信する第 1 の送信方法と、互いに異なるデータが含まれた複数の信号を複数のアンテナからそれぞれ送信する第 2 の送信方法とのいずれかを決定する送

5 信方法決定手段と、

複数の変調方式のうちいずれかを決定する変調方式決定手段と、

通信相手との通信手順に応じて、前記送信方法決定手段及び変調方式決定手段における決定処理を行うか否かを制御する制御手段と、

決定した送信方法及び変調方式を通信相手に要求する要求手段と、

10 を具備する受信装置。

2 0. 前記制御手段は、データ受信中に送信方法決定手段が決定処理を行わず、変調方式決定手段のみが決定処理を行うように制御する請求の範囲 1 9 に記載の受信装置。

2 1. 受信した信号について伝送路及び受信電界強度、あるいはいずれか一方
15 を推定する伝送路推定手段を具備し、

前記送信方法決定手段は、前記伝送路推定手段によって推定された推定結果に基づいて送信方法を決定する請求の範囲 1 9 に記載の受信装置。

2 2. 前記第 1 の送信方法に適用される変調方式と前記第 2 の送信方法に適用される変調方式とは、変調多値数の最大値が等しい請求の範囲 1 9 に記載の受
20 信装置。

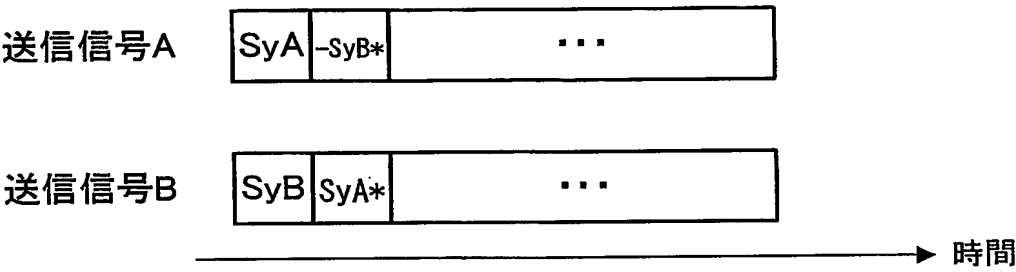


図 1

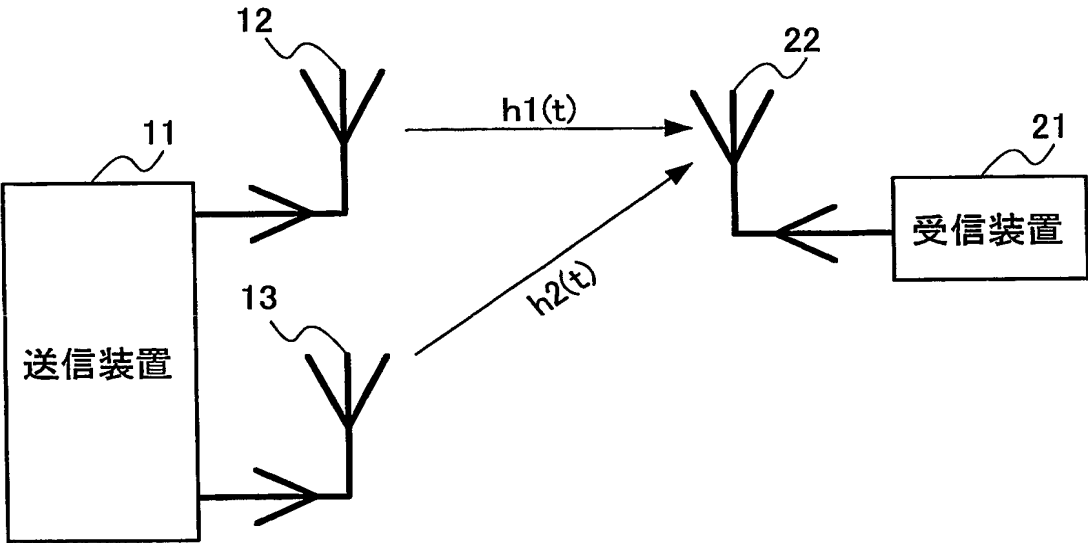
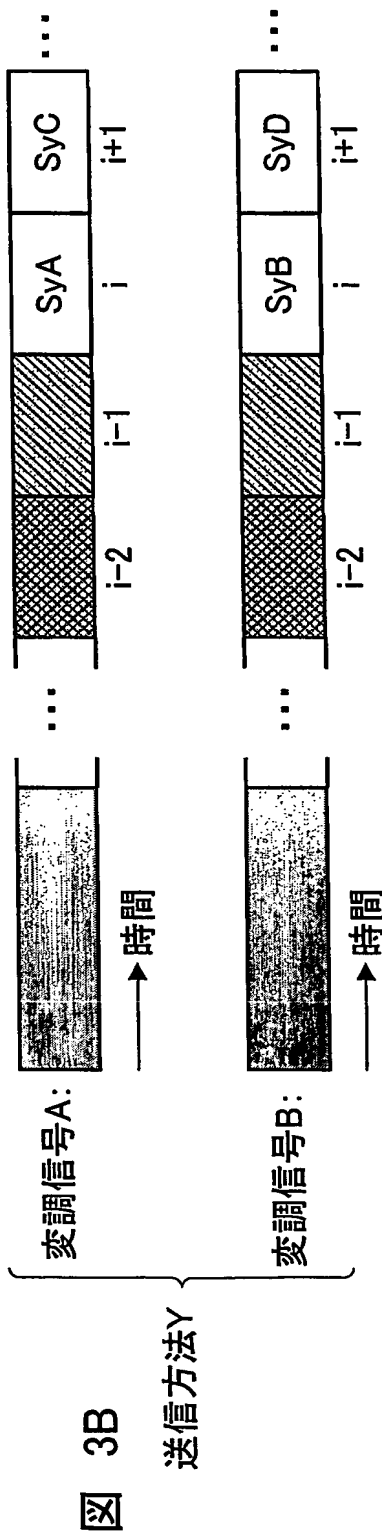
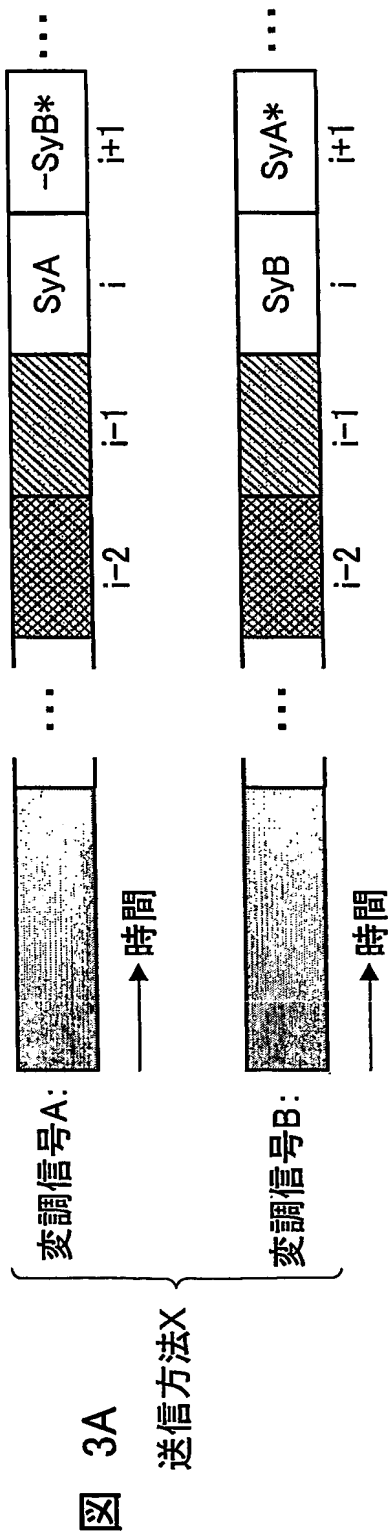


図 2

2/27



- 101: 伝搬モデル推定シンボル
- 102: 送信方法通知シンボル
- 103: 電波伝搬環境推定シンボル
- 104: データシンボル

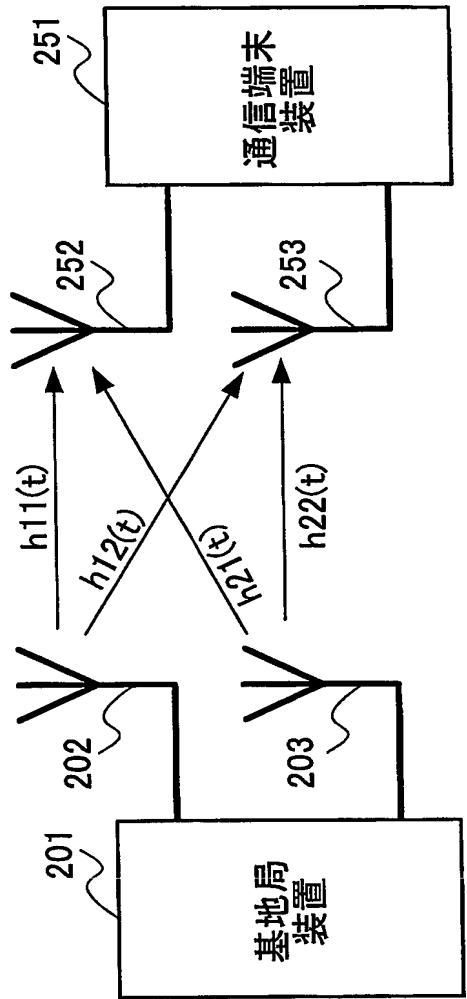


図 4

4/27

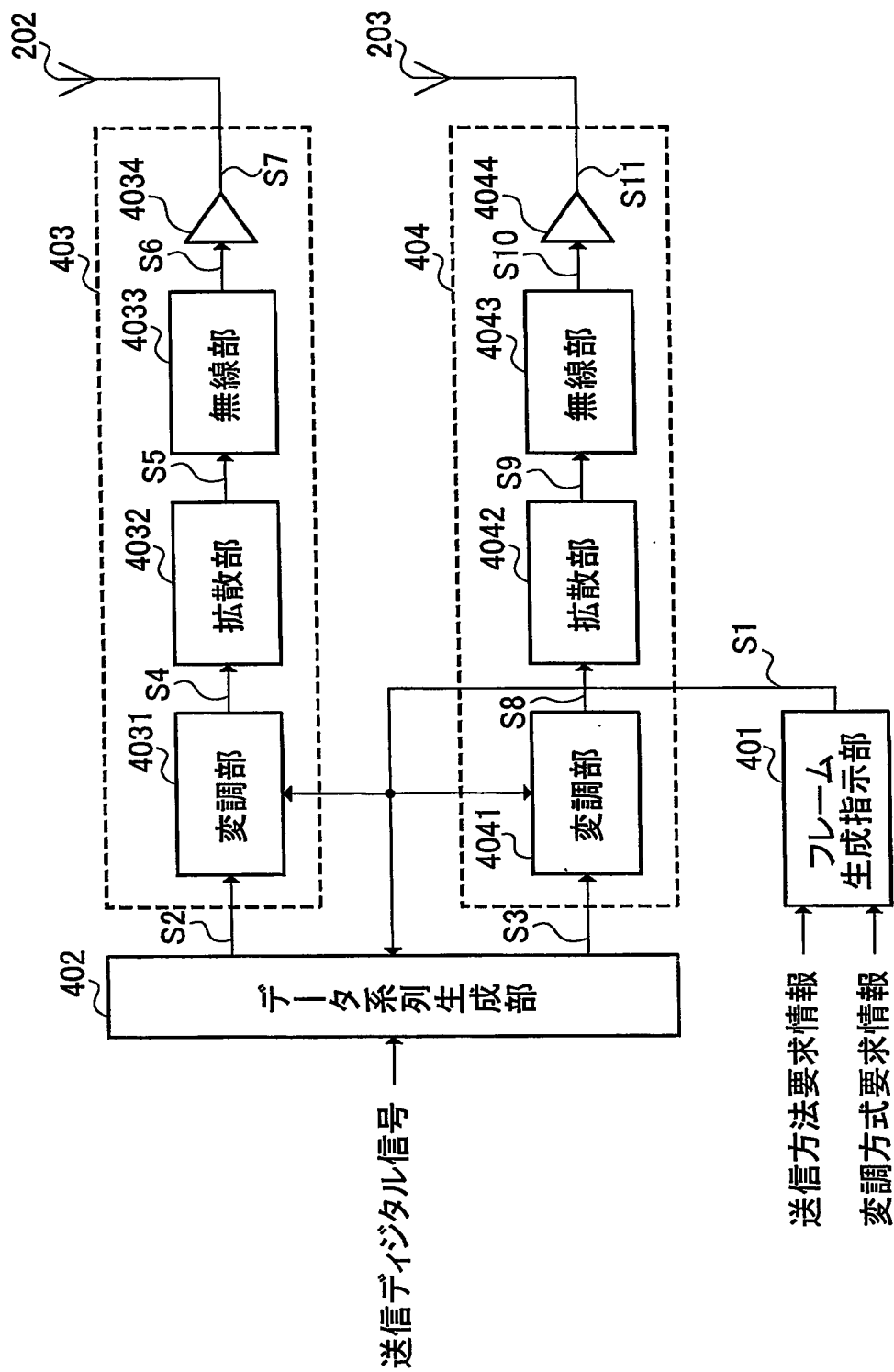


図 5

5/27

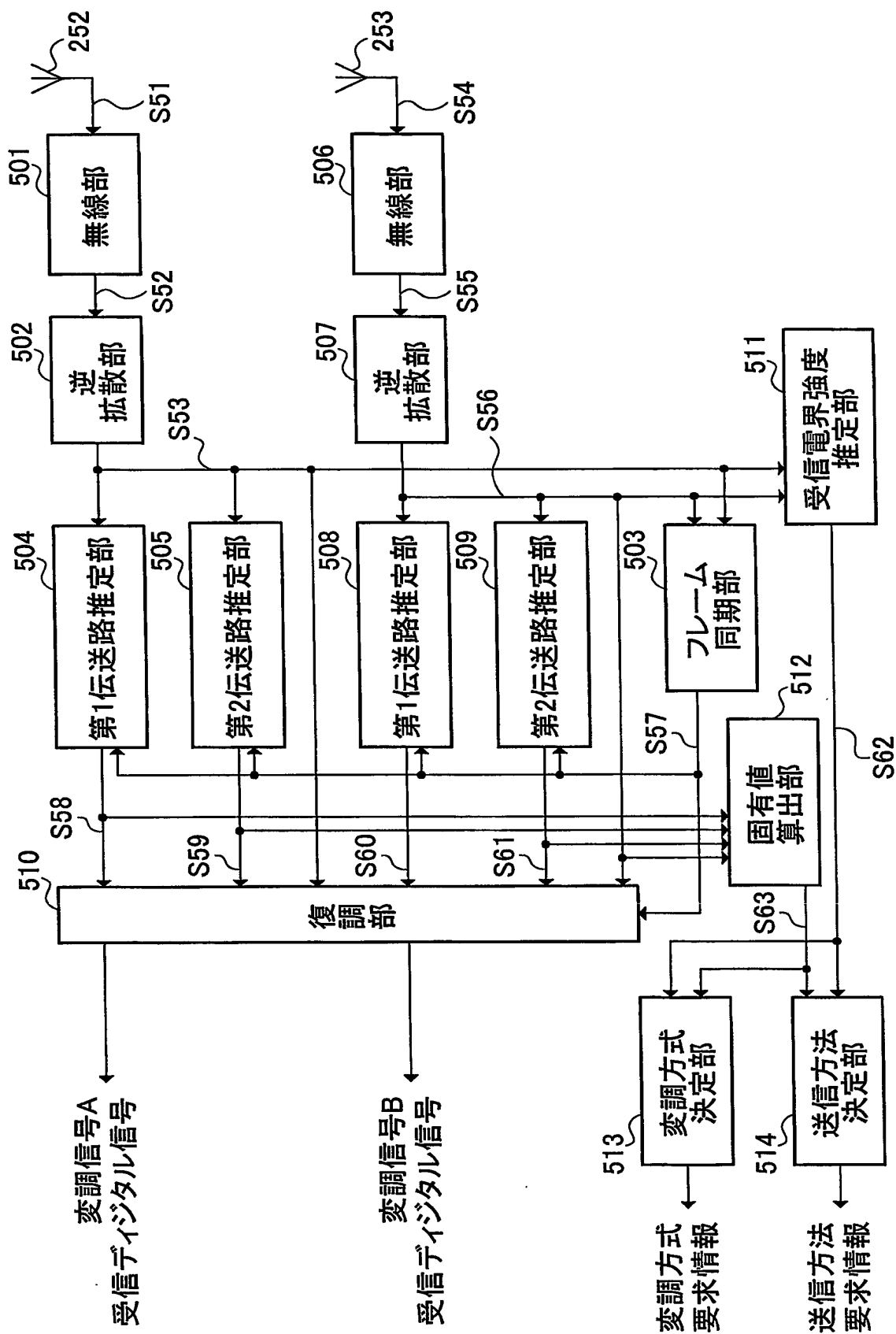


図 6

6/27

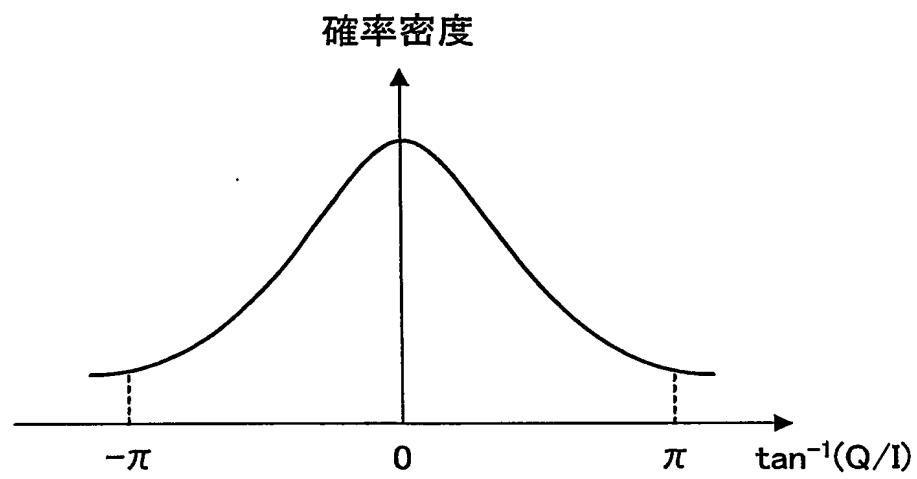


図 7A

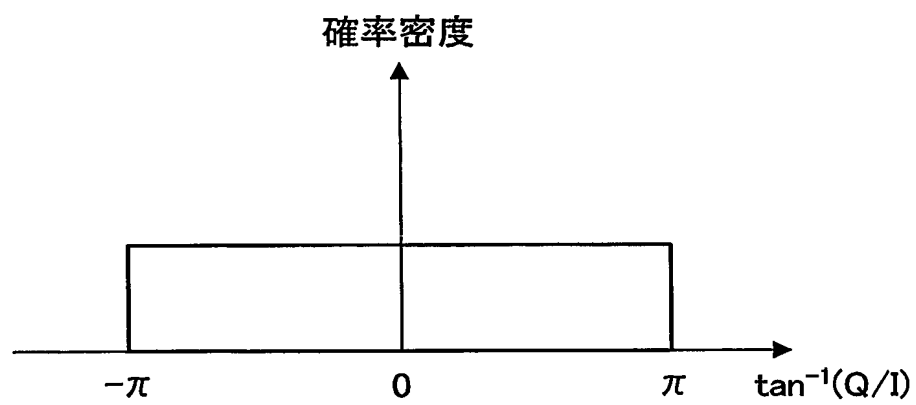


図 7B

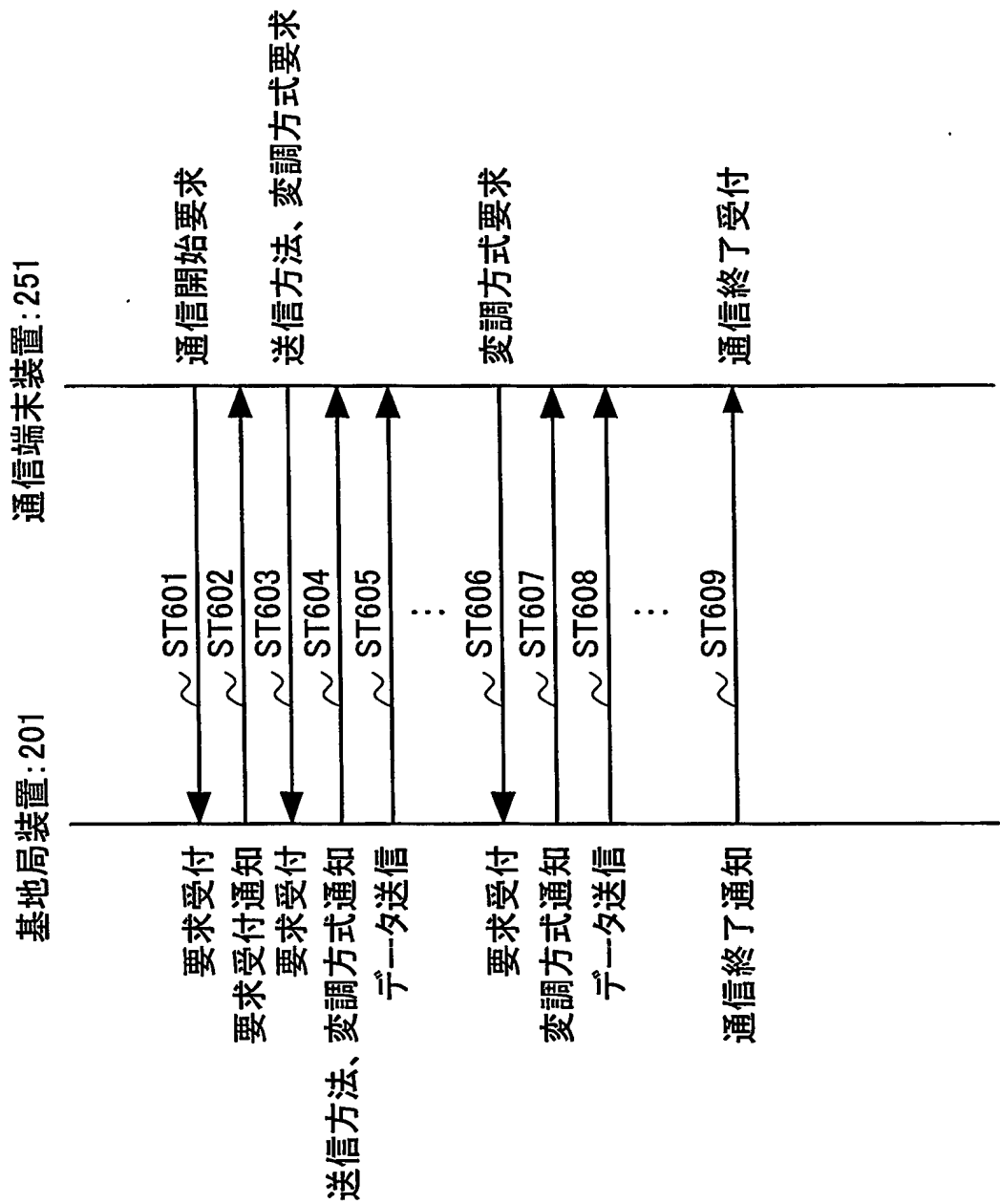


図 8

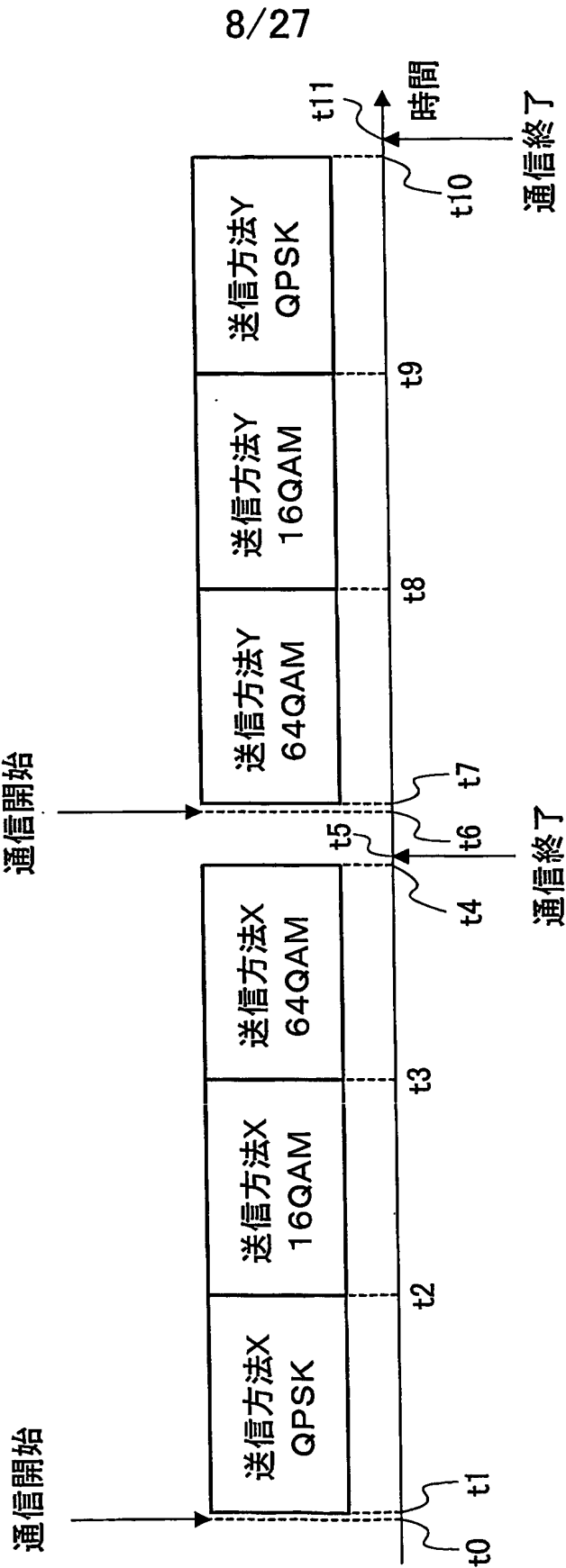


図 9

9/27

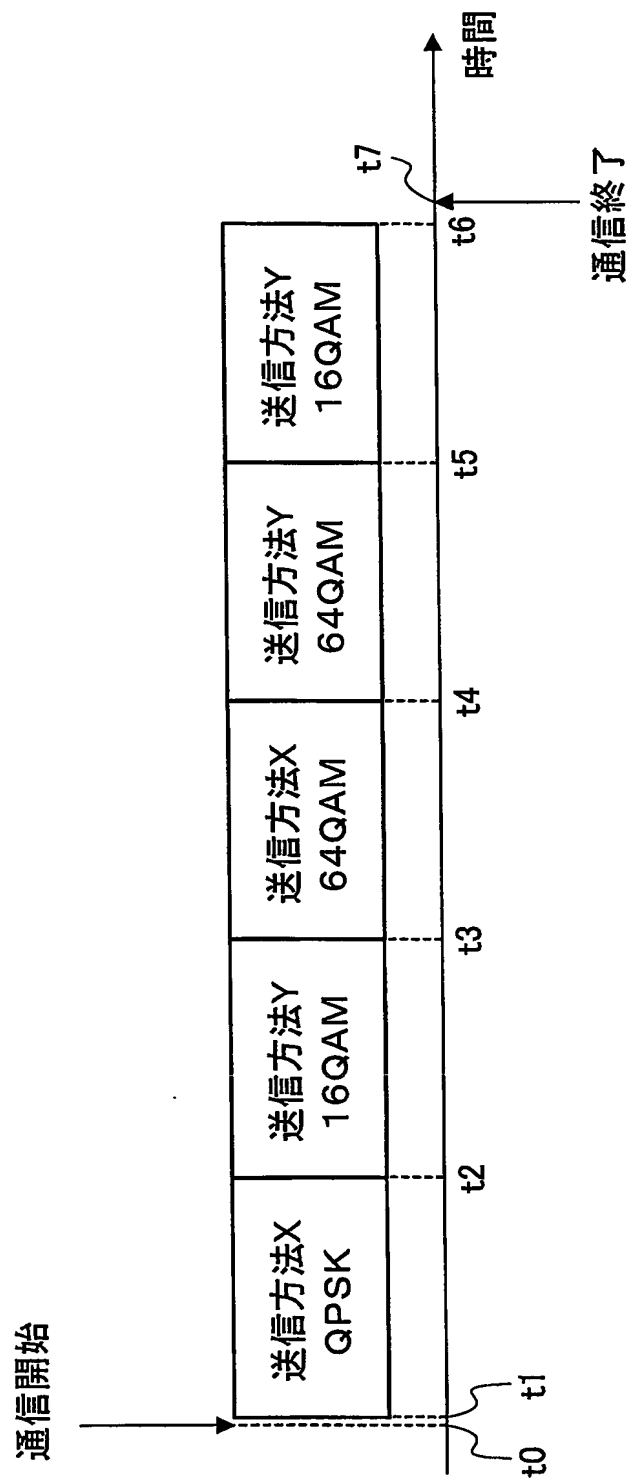


図 10

10/27

	送信方法X	送信方法Y
QPSK	2 bit	4 bit
16QAM	4 bit	8 bit
64QAM	6 bit	12 bit

図 11

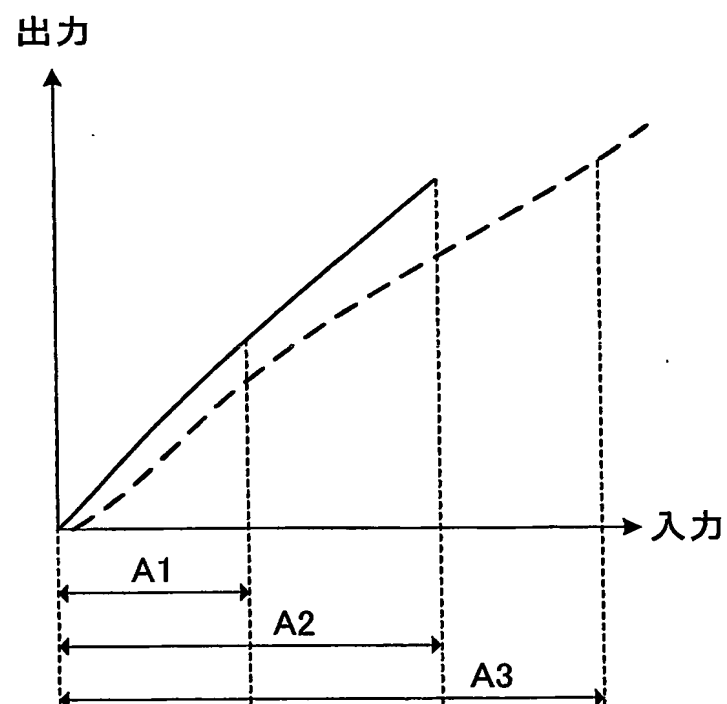


図 12

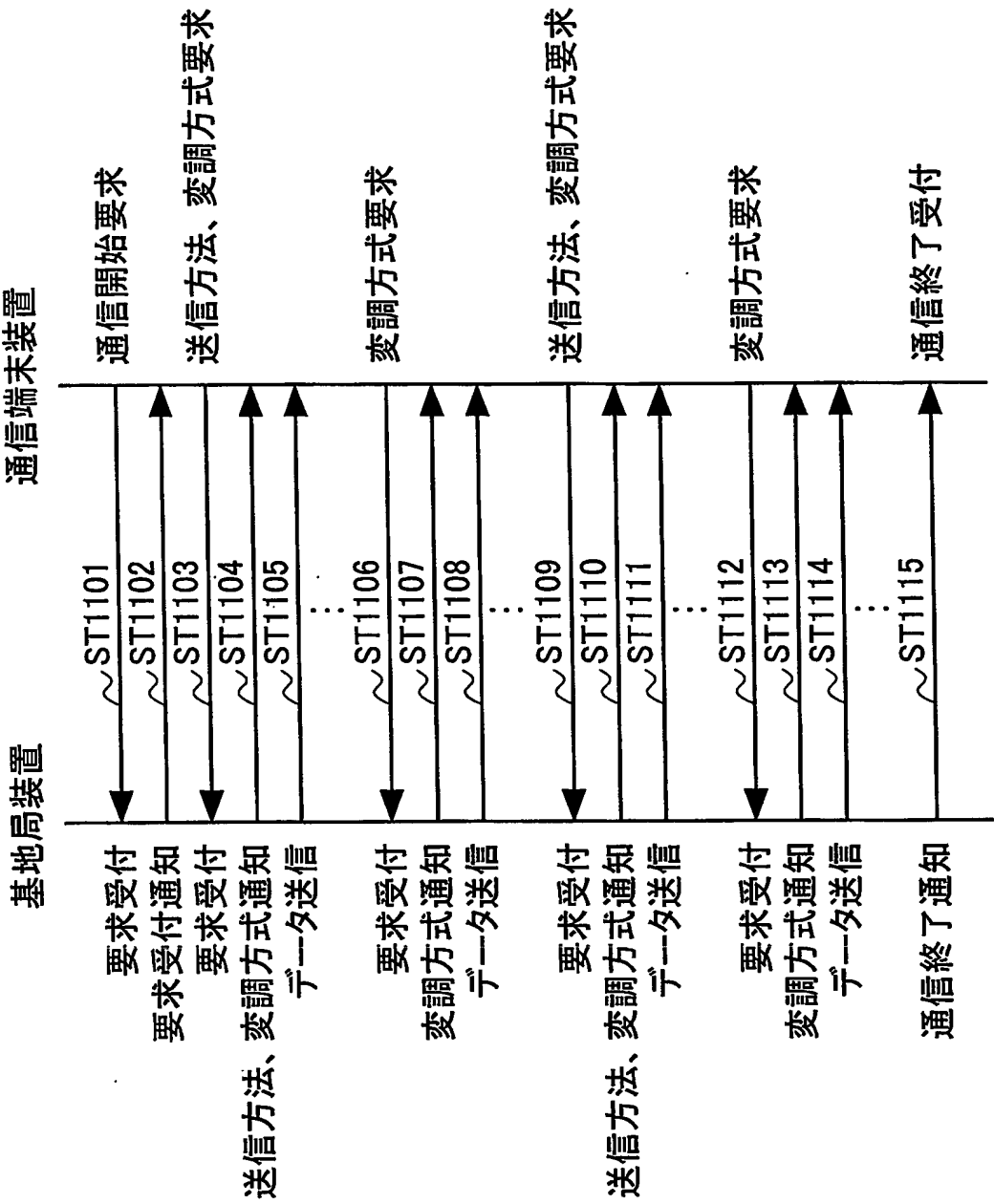


図 13

12/27

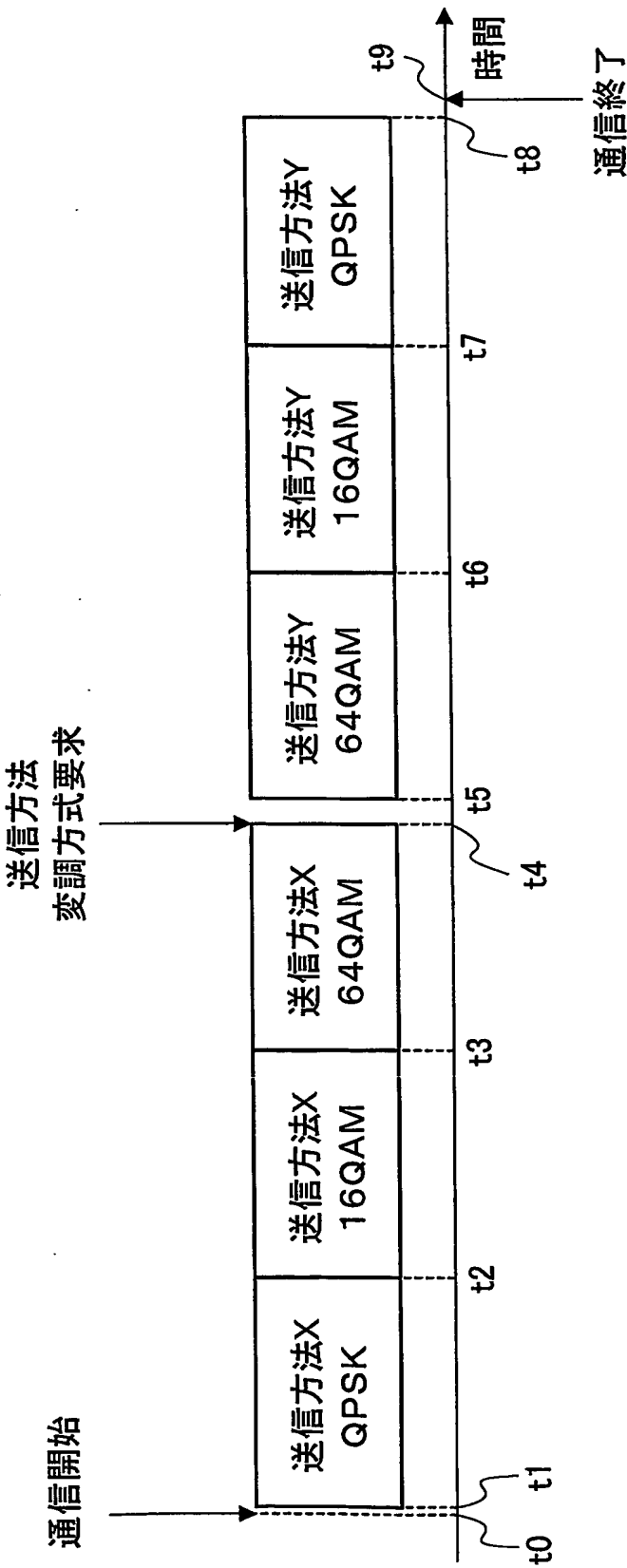


図 14

図 15A

送信方法X

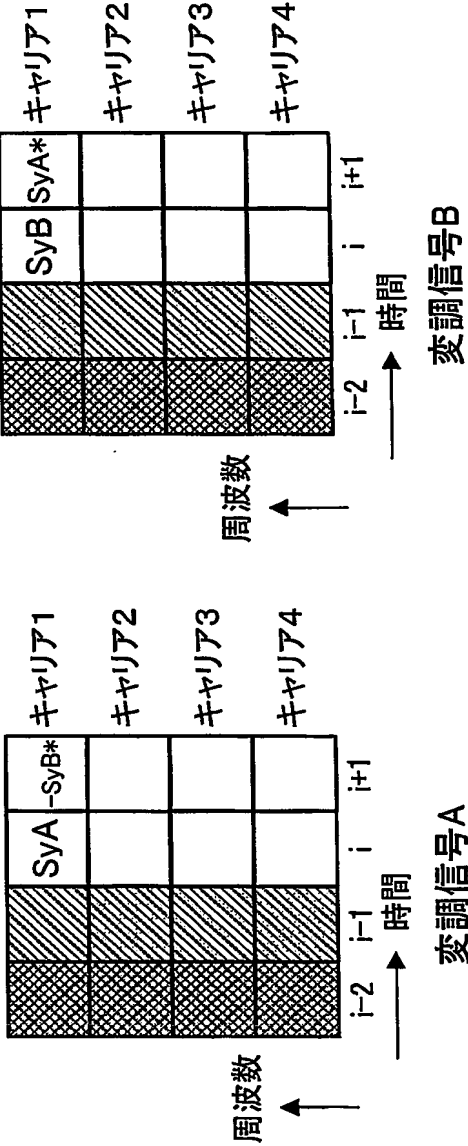


図 15B

送信方法Y

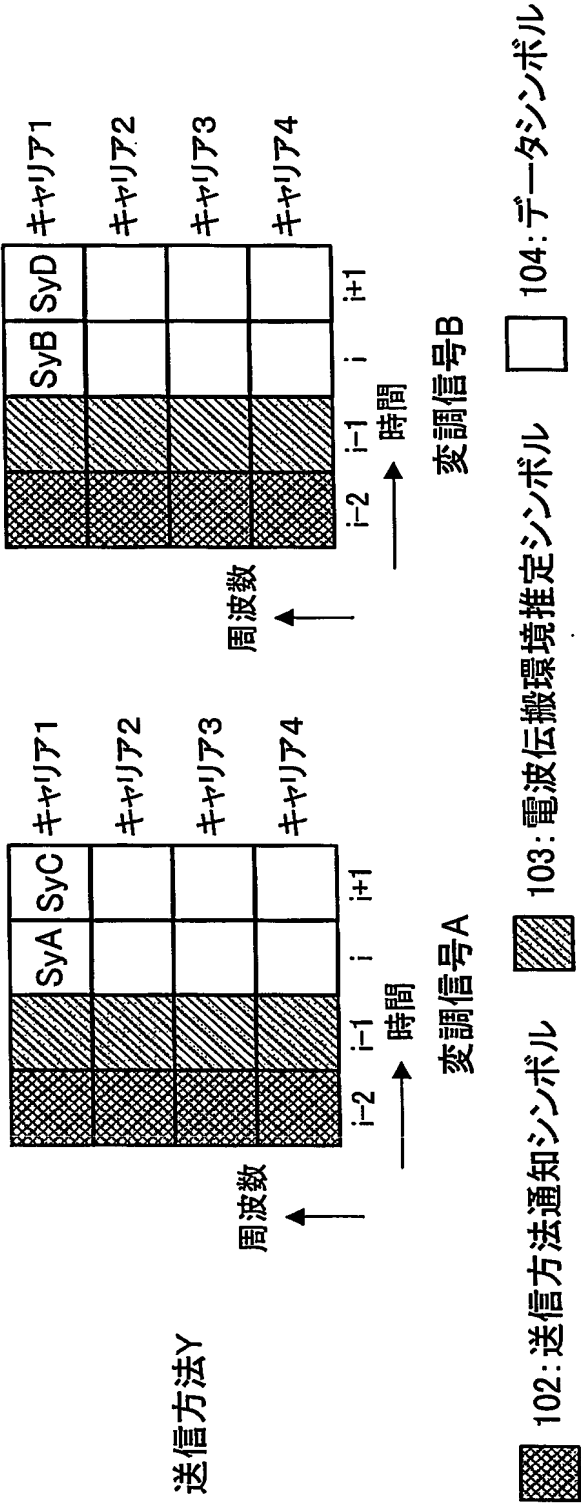


図 16A

送信方法X

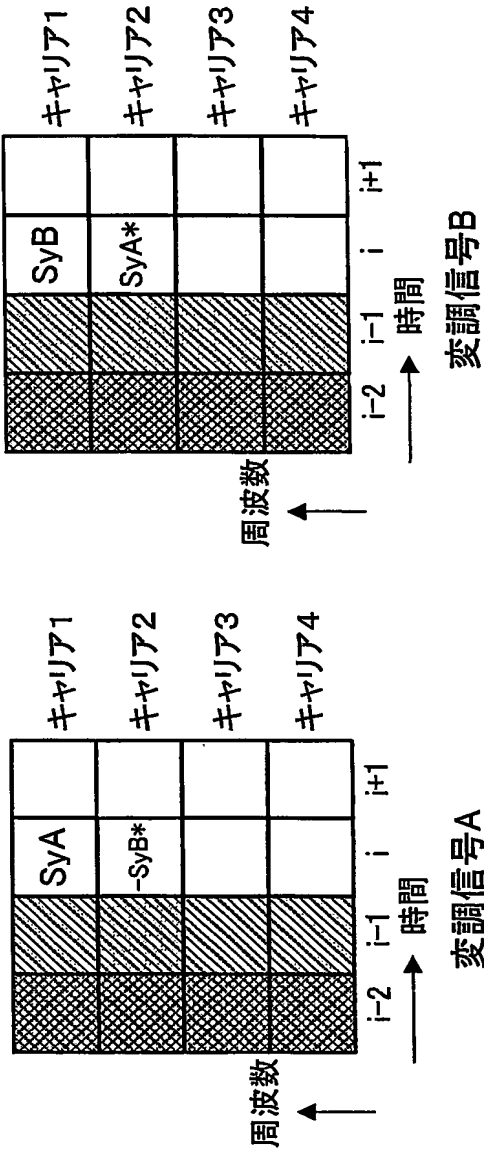
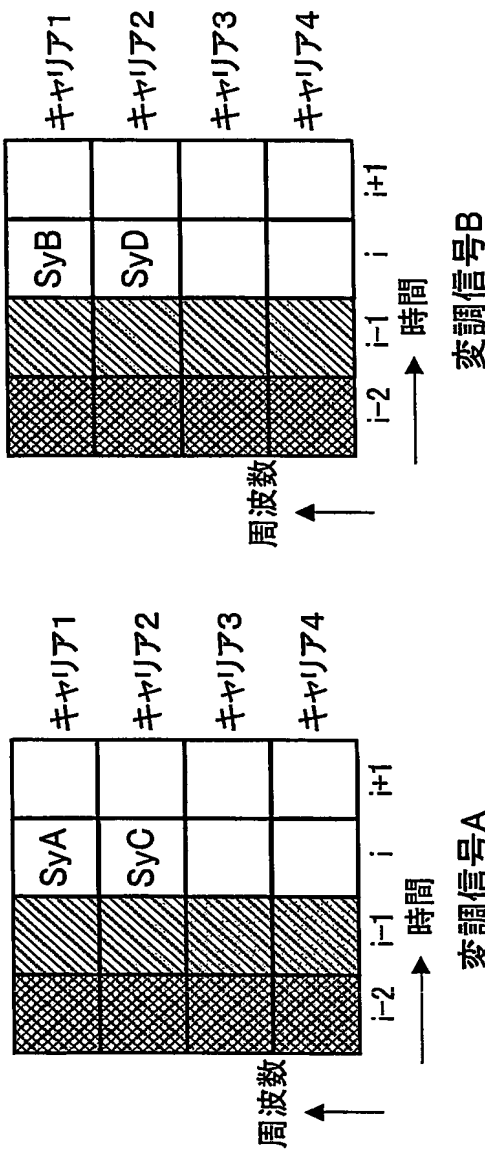


図 16B

送信方法Y



102: 送信方法通知シンボル



103: 電波伝搬環境推定シンボル



104: データシンボル

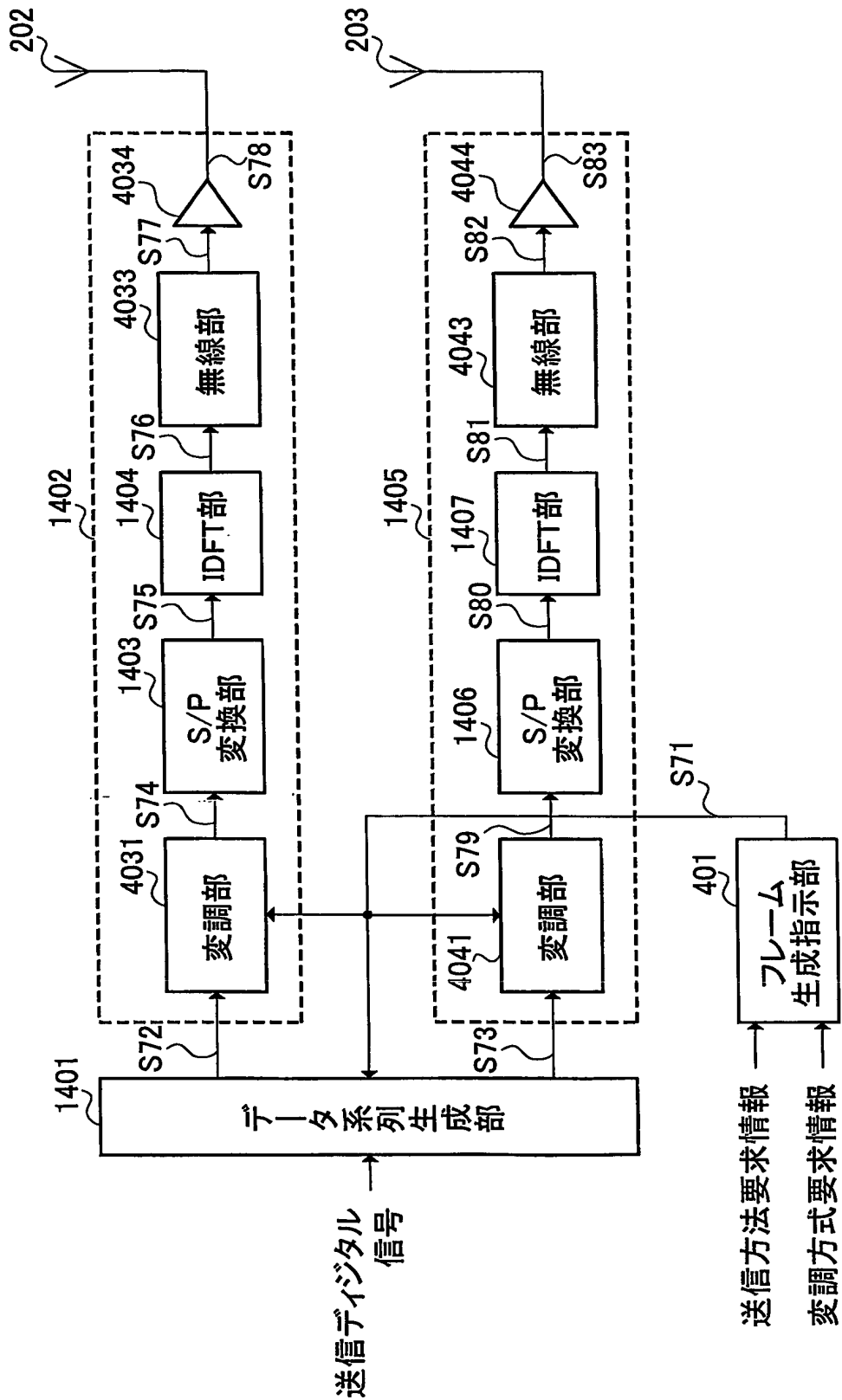


図 17

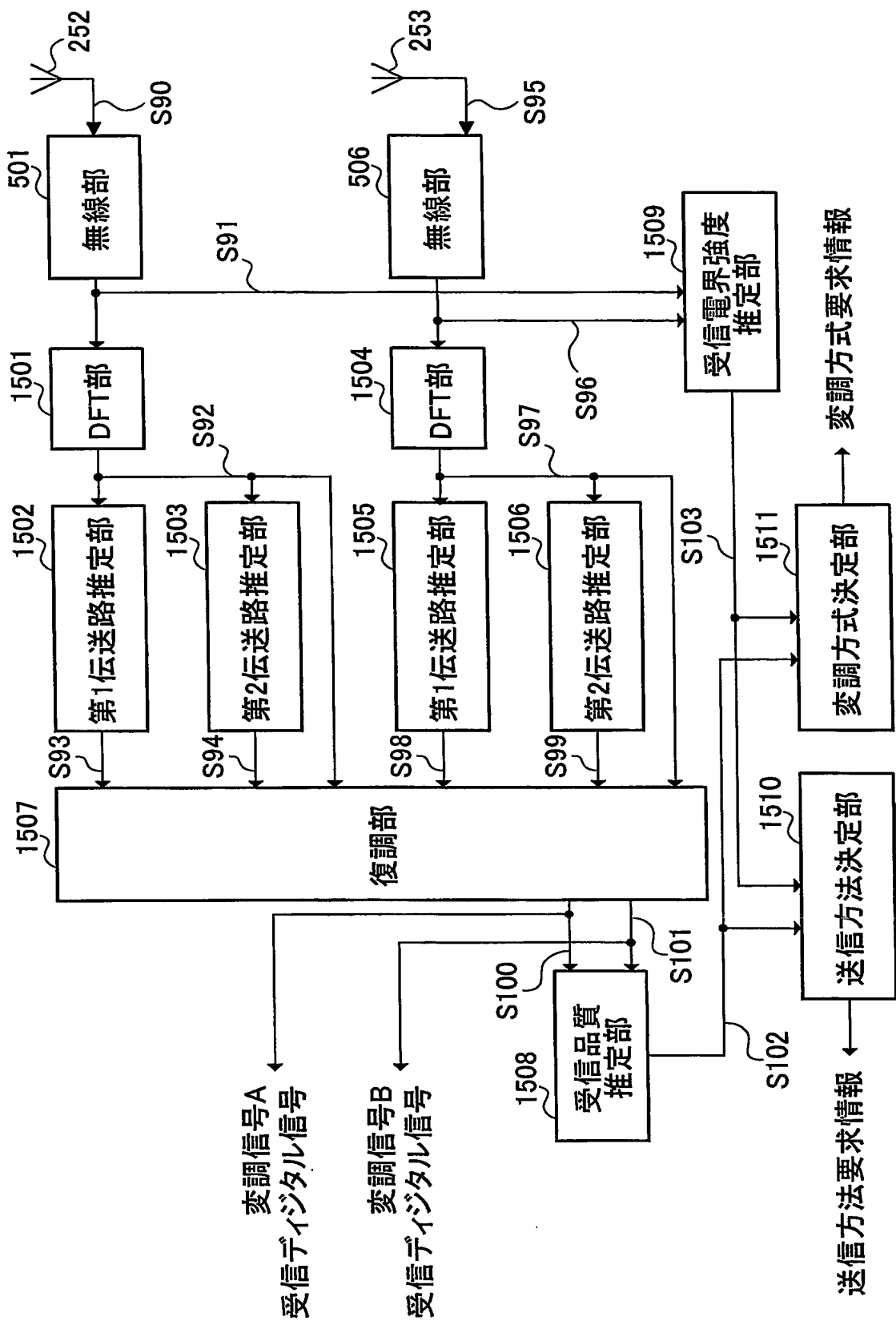


図 18

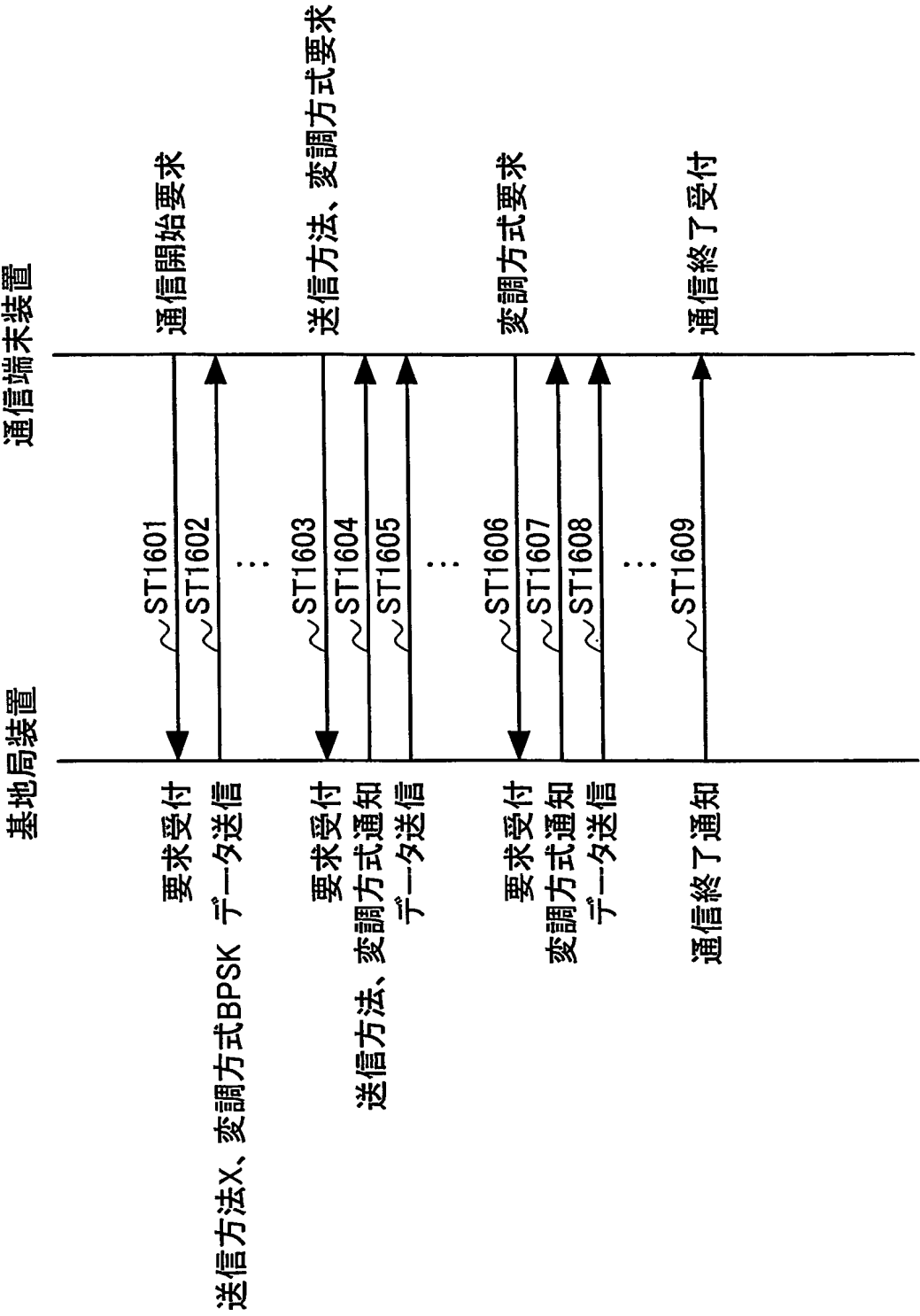


図 19

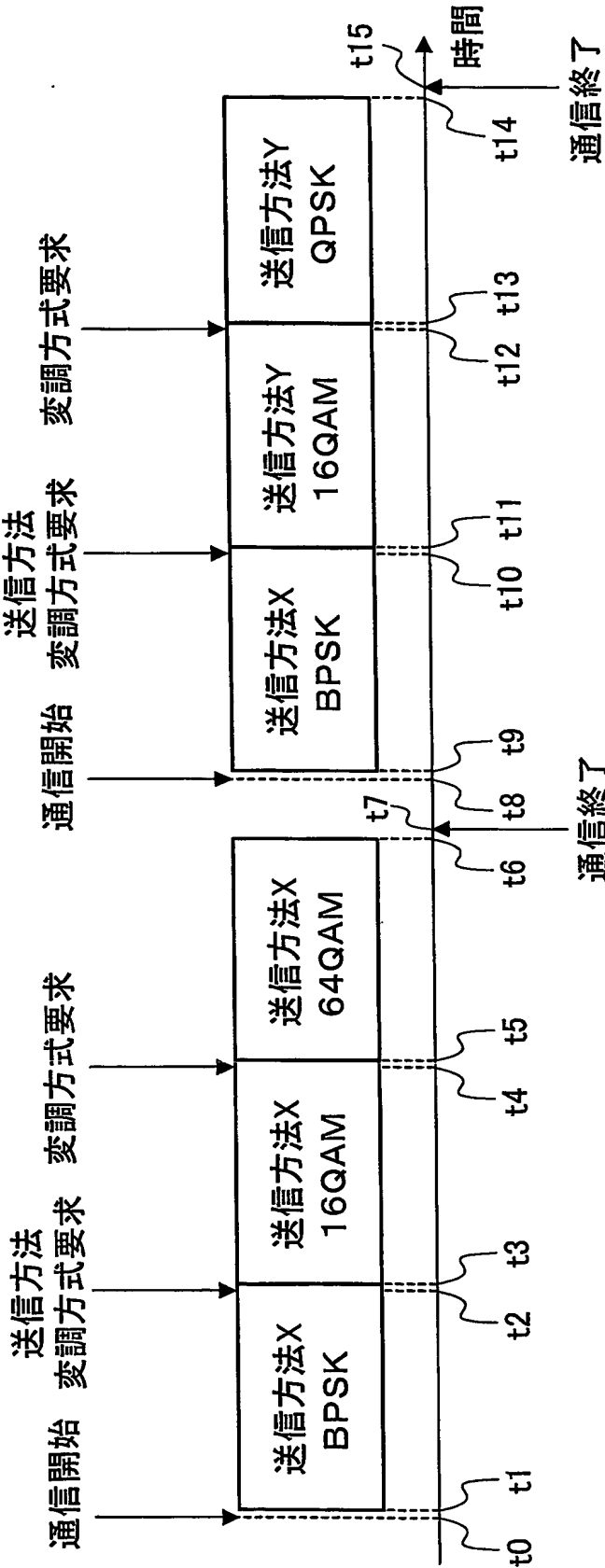
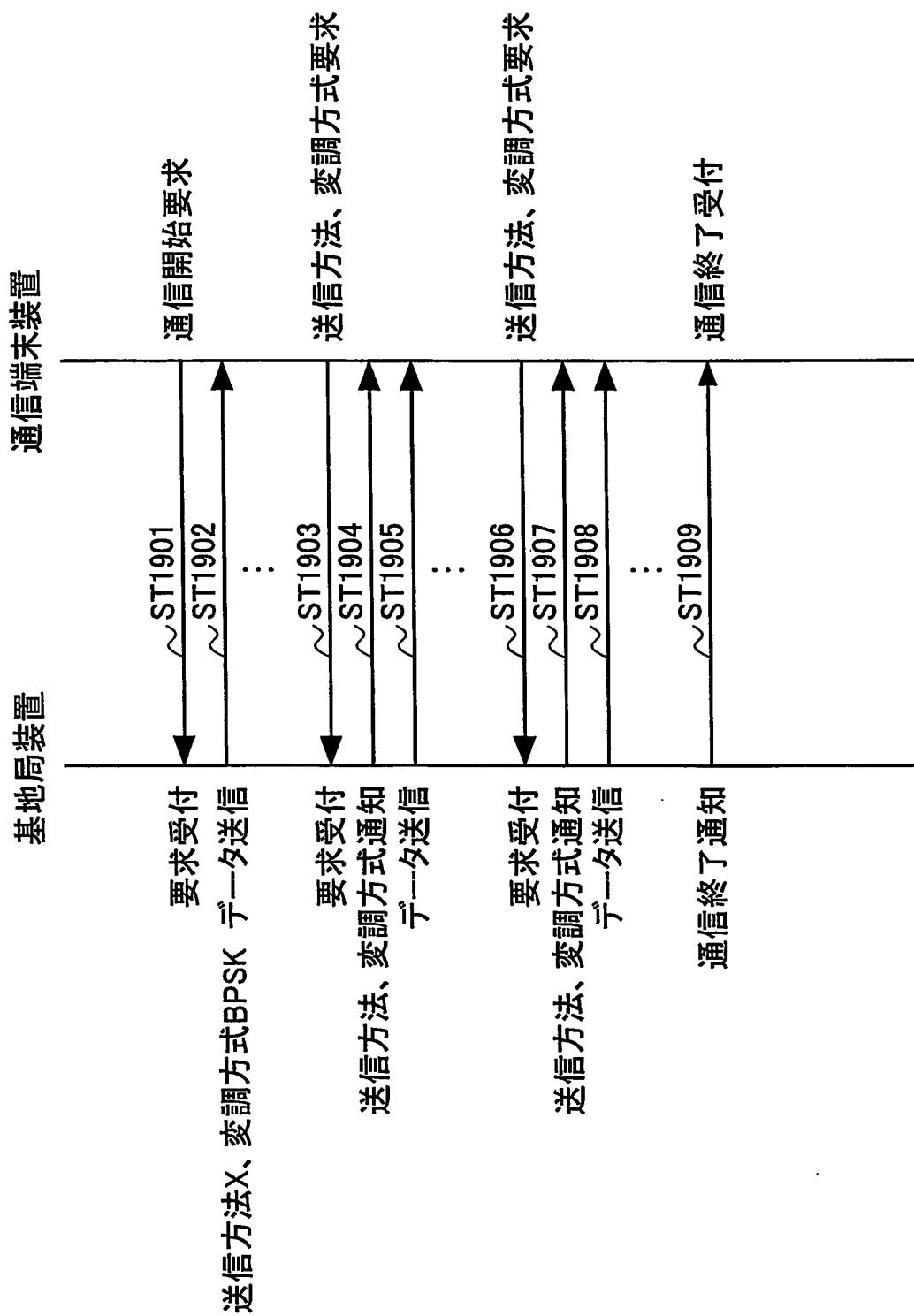


図 20

19/27



21

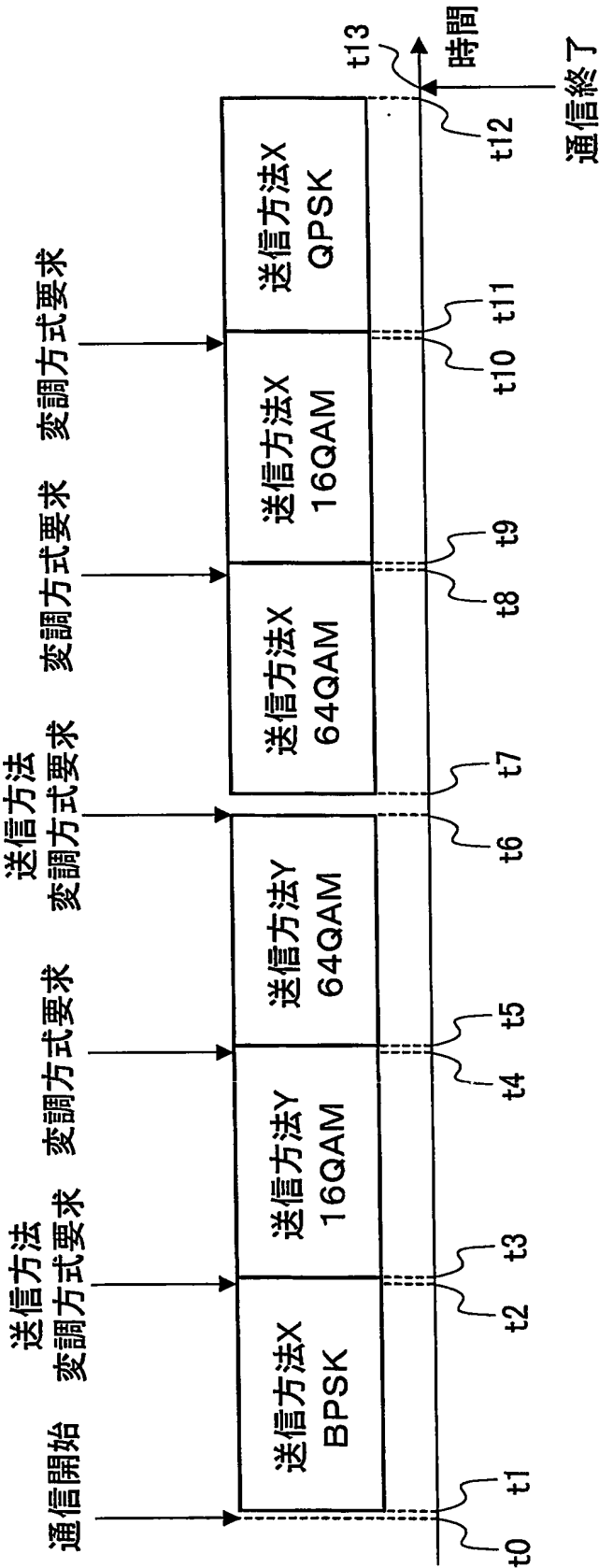


図 22

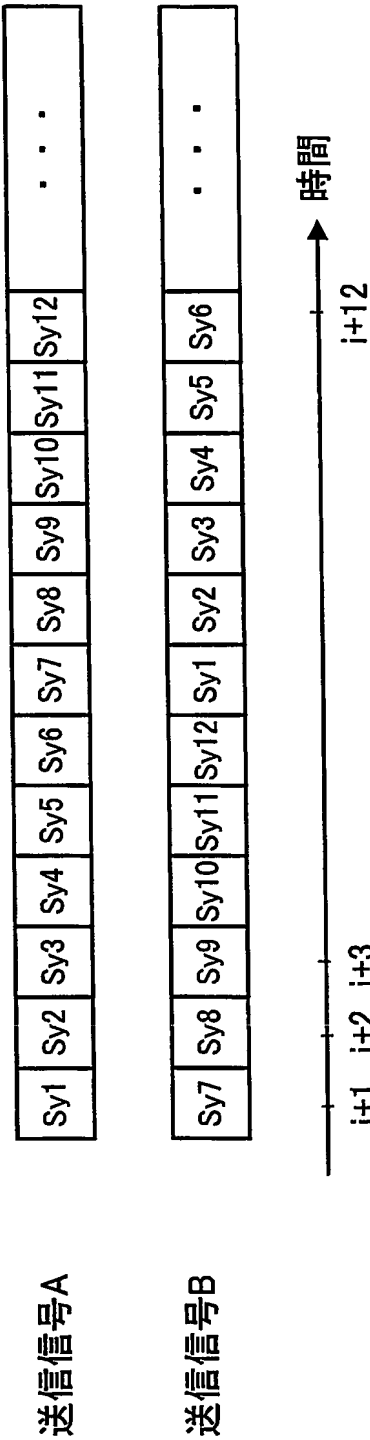


図 23

22/27

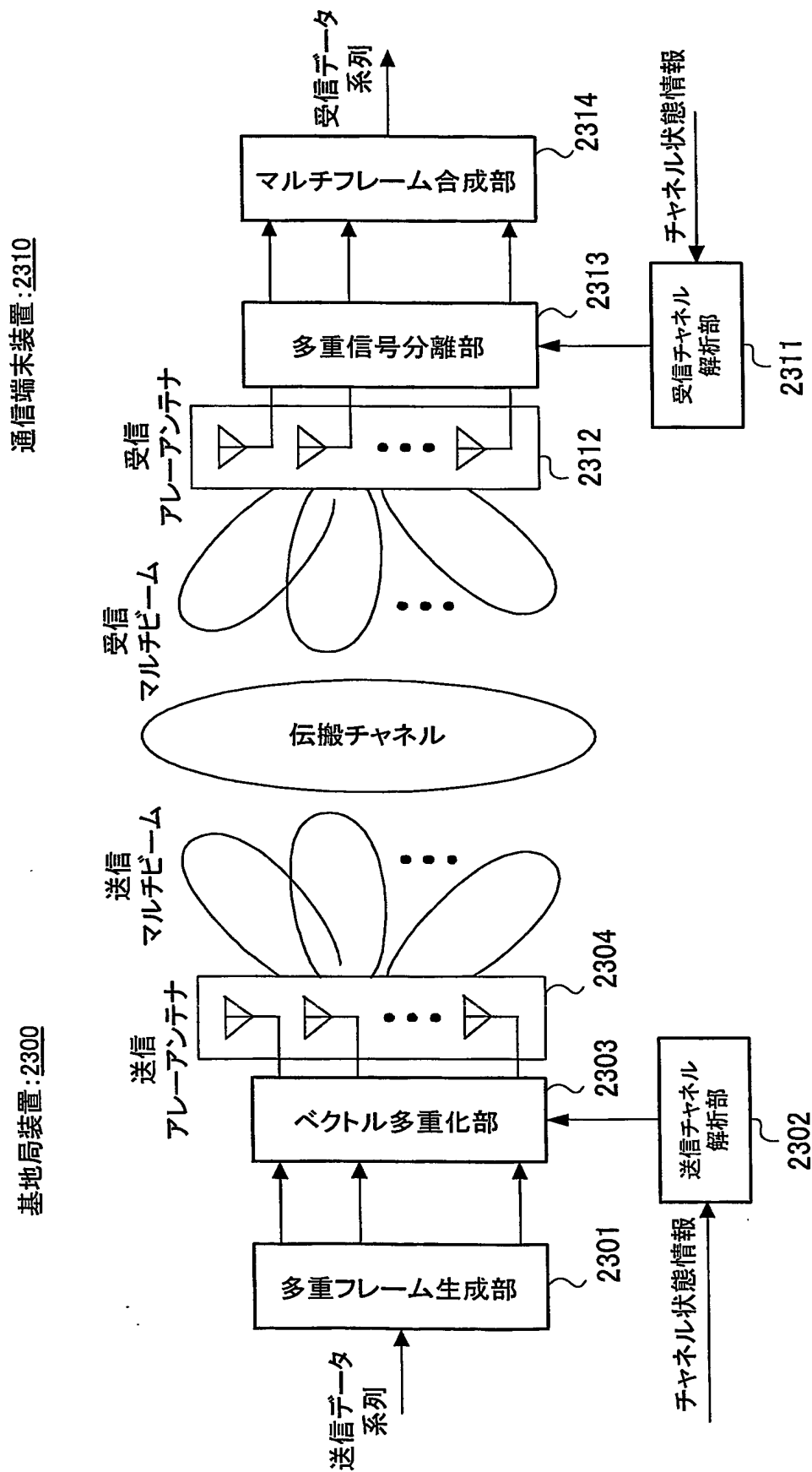


図 24

23/27

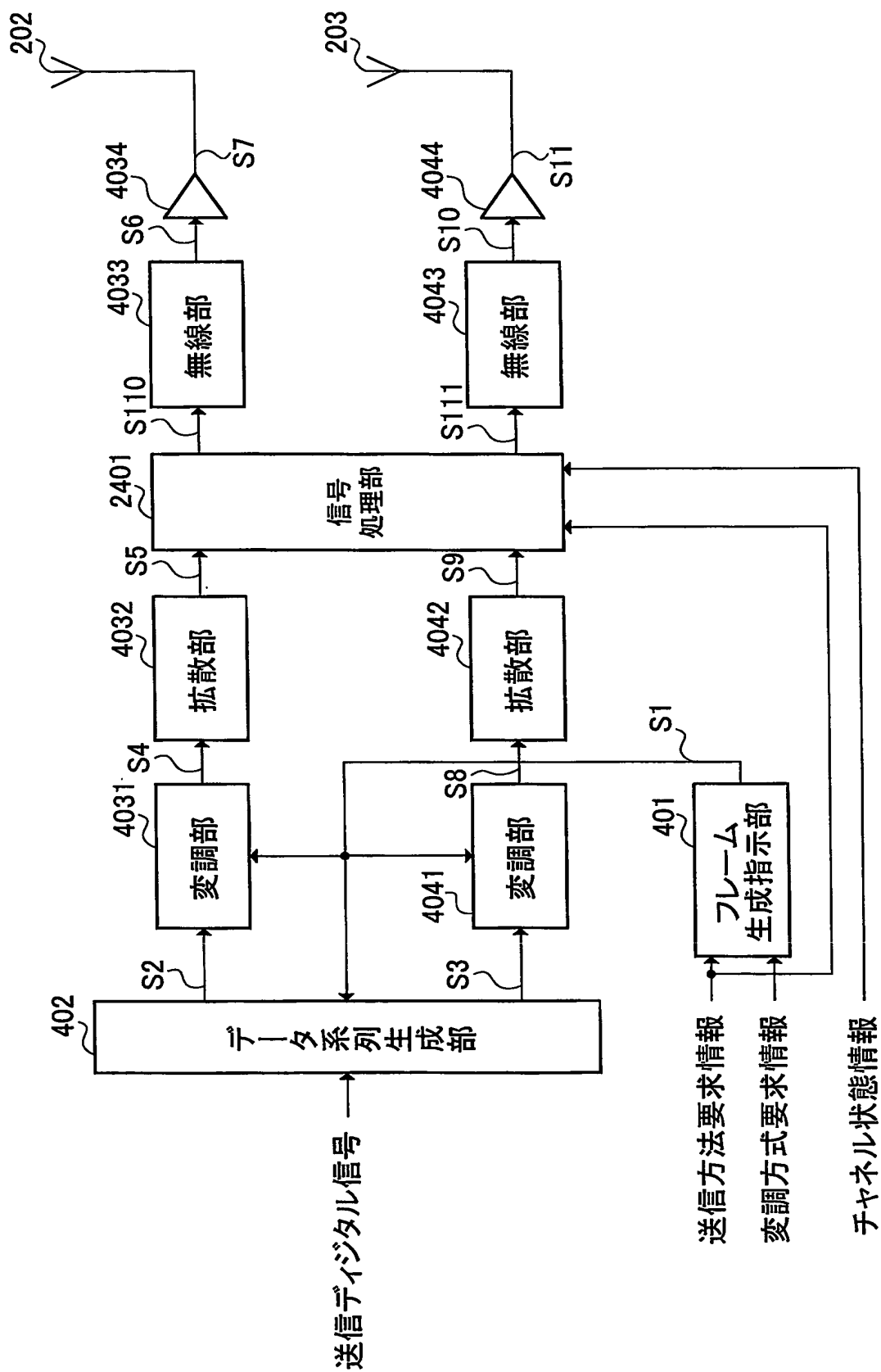


図 25

24/27

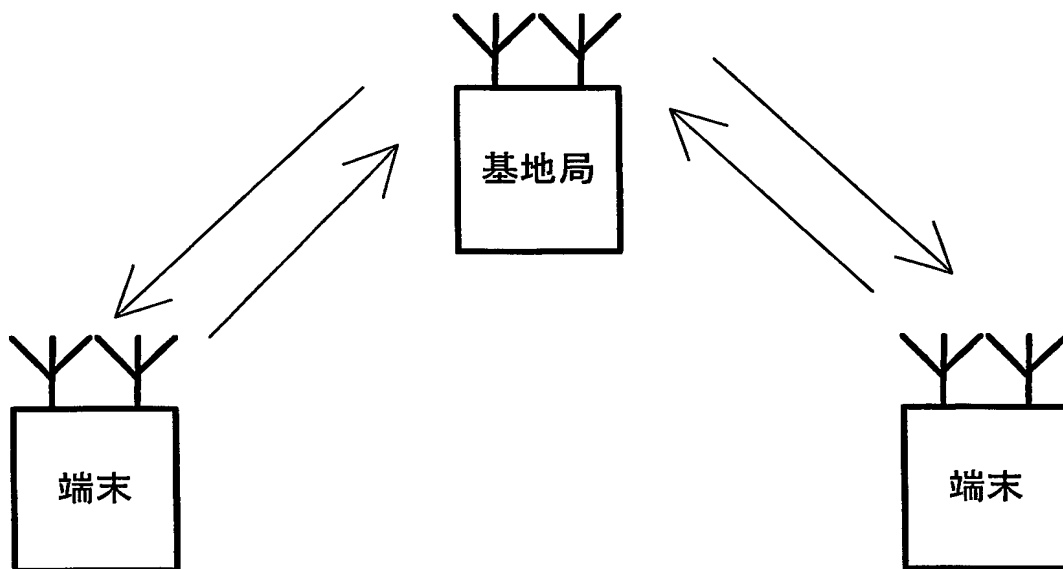


图 26A

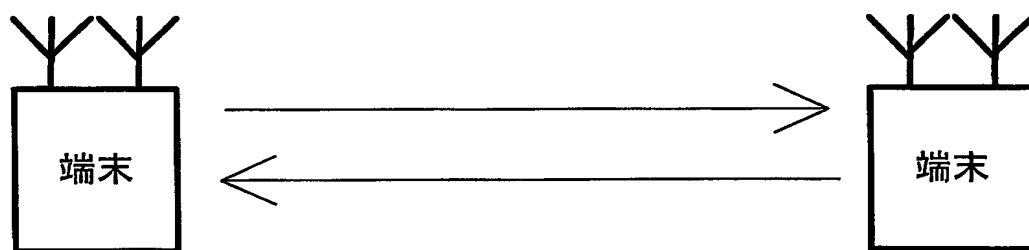


图 26B

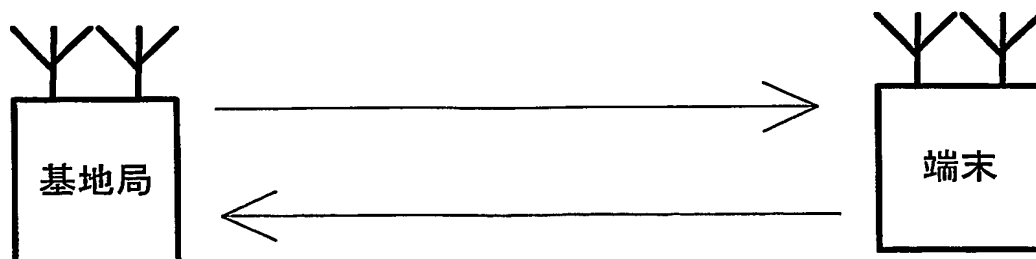


图 26C

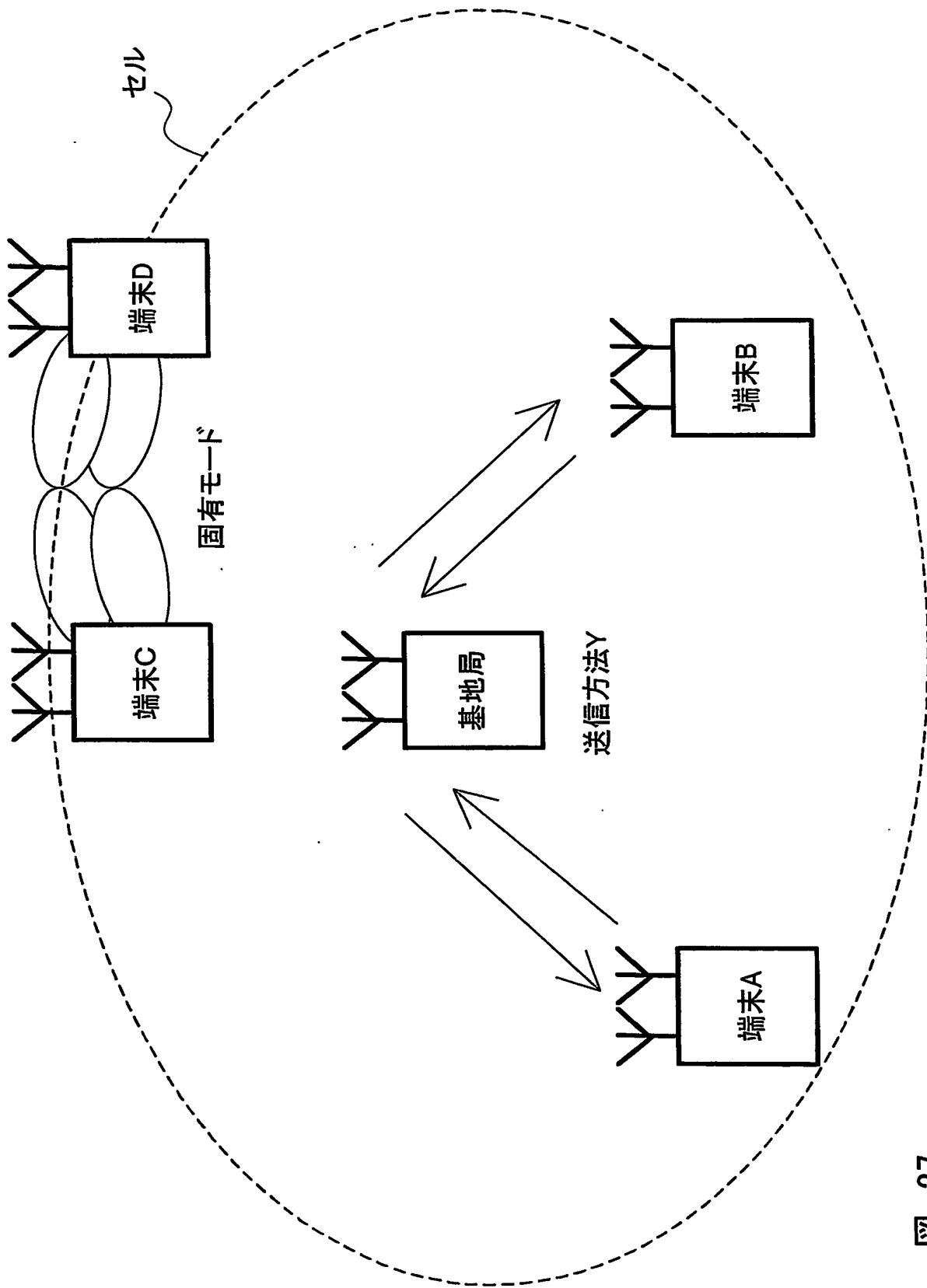


図 27

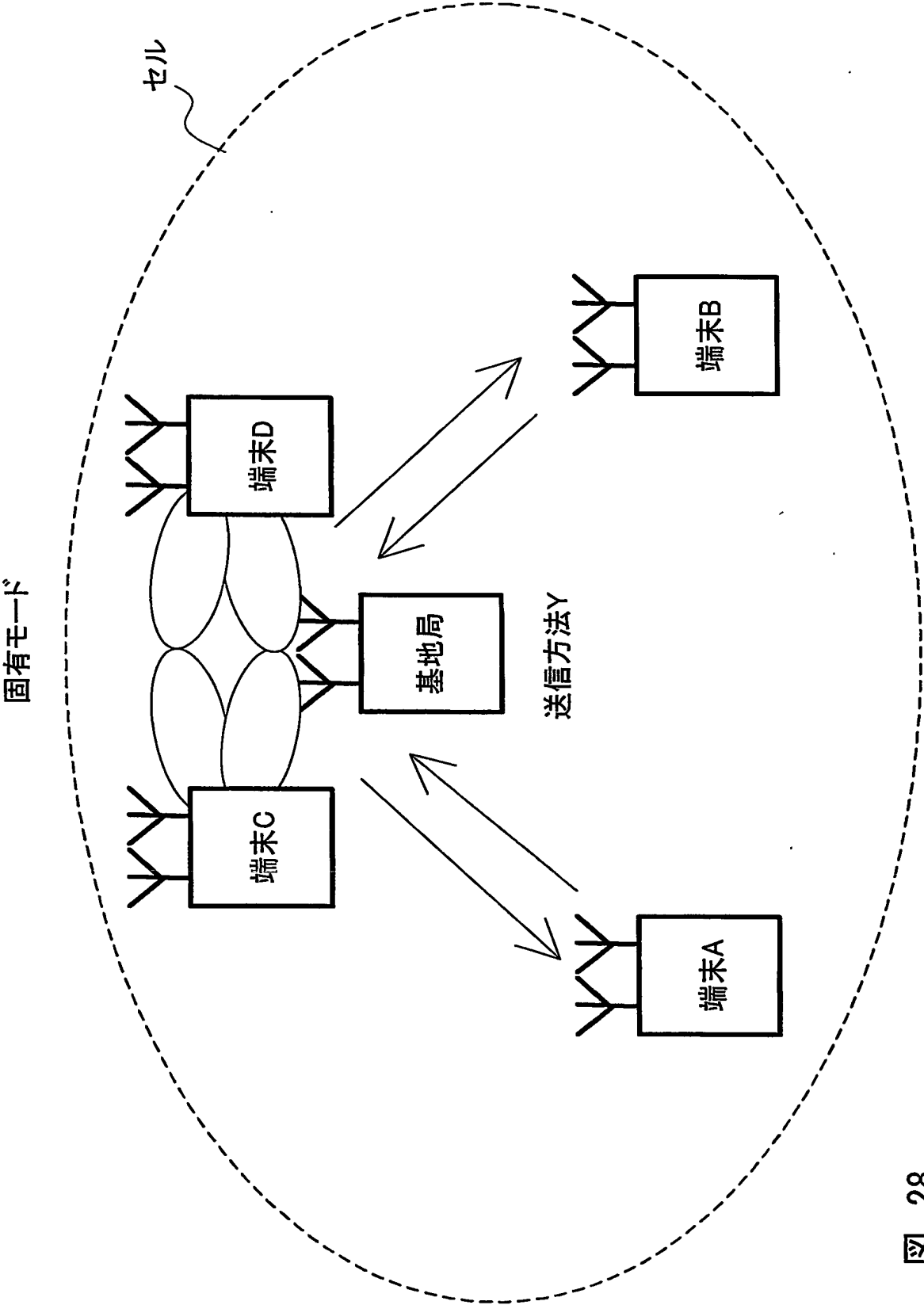


図 28

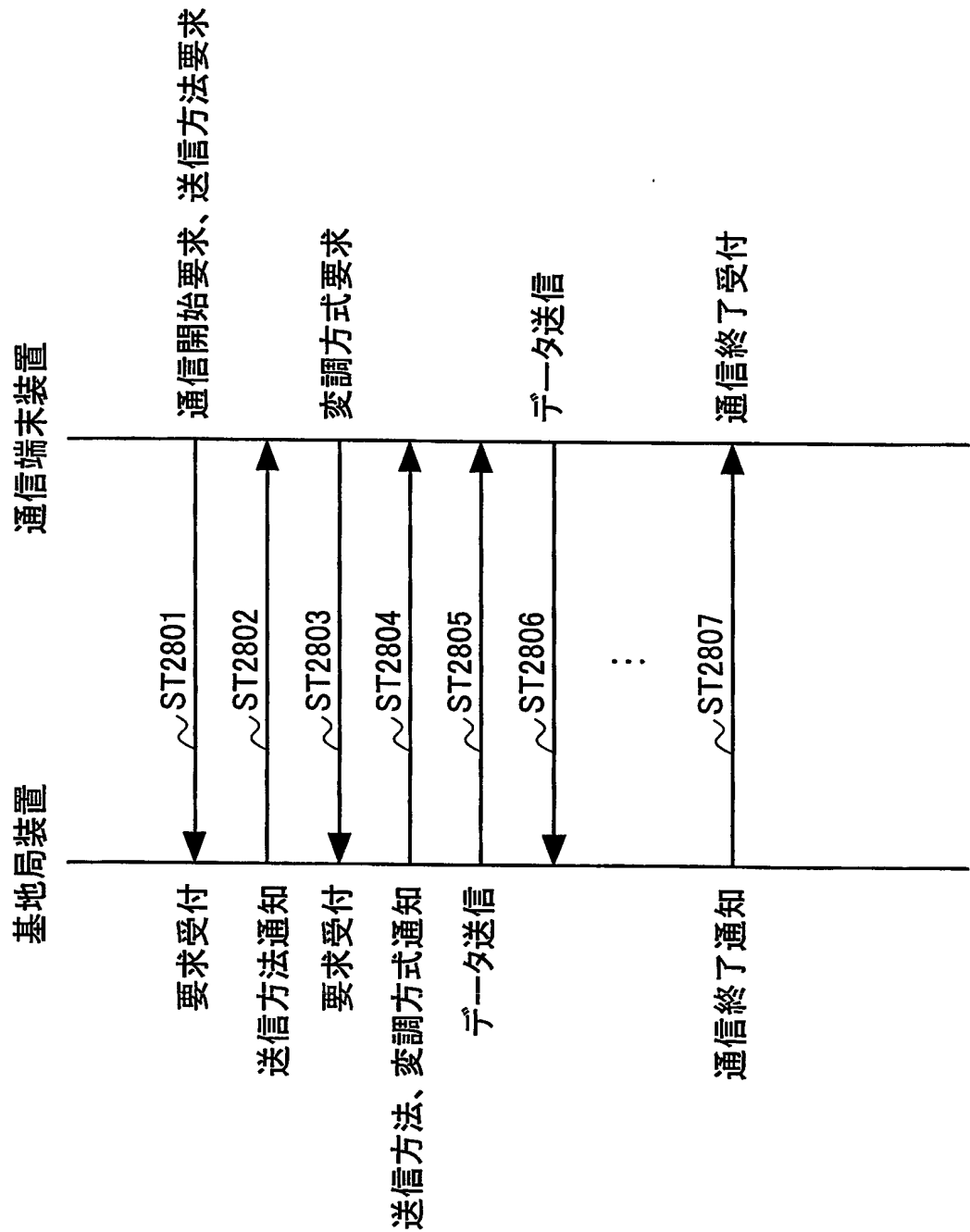


図 29

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009572

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H04J15/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H04J15/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	Vahid Tarokh, Hamid Jafarkhani, A.R. Calderbank, "Space-Time Block Codes from Orthogonal Designs", IEEE Transactions on Information Theory, Vol.45, No.5, pages 1456 to 1467, July, 1999	1,2,4,5,7,8, 10-12,14,16, 17,19-21 3,6,9,13,15, 18,22
Y A	JP 2000-013292 A (NTT Mobile Communications Network Inc.), 14 January, 2000 (14.01.00), Par. Nos. [0043], [0057], [0058] (Family: none)	1,2,4,5,7,8, 10-12,14,16, 17,19-21 3,6,9,13,15, 18,22



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 September, 2004 (08.09.04)Date of mailing of the international search report
19 October, 2004 (19.10.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009572

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Kazumi MIYASHITA, Toshihiko NISHIMURA, Takeo OKANE, Yasutaka OGAWA, Yasushi TAKATORI, "MIMO Channel ni okeru Koyu Beam Kukan Bunkatsu Tajū (E-SDM) Hoshiki", The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Gijutsu Kenkyū Hokoku, Vol.102, No.86, pages 13 to 18; 17 May, 2002 (17.05.02)	8
Y	JP 2002-204275 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 19 July, 2002 (19.07.02),	1,2,4,5,7,8, 10-12,14,16, 17,19-21
A	Par. Nos. [0076], [0090], [0119], [0120] & EP 1199830 A2 & CN 1350388 A & JP 2002-199038 A & US 2002/0126764 A1 & JP 3464656 B2 & JP 2004-048755 A	3,6,9,13,15, 18,22
A	JP 2003-169010 A (Mitsubishi Electric Corp.), 13 June, 2003 (13.06.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-22

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H04J15/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H04J15/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926年-1996年

日本国公開実用新案公報 1971年-2004年

日本国登録実用新案公報 1994年-2004年

日本国実用新案登録公報 1996年-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	Vahid Tarokh, Hamid Jafarkhani, A. R. Calderbank, "Space-Time Block Codes from Orthogonal Designs", IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 45, No. 5, pp. 1456-1467, 1999.07	1, 2, 4, 5, 7, 8, 10-12, 14, 16, 17, 19-21
A		3, 6, 9, 13, 15, 18, 22

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08.09.2004

国際調査報告の発送日

19.10.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

高野 洋

5 K

9647

電話番号 03-3581-1101 内線 3556

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2000-013292 A (エヌ・ティ・ティ移動通信網株式会社), 2000. 01. 14 第0043段落, 第0057段落, 第0058段落 (ファミリーなし)	1, 2, 4, 5, 7, 8, 10-12, 14, 16, 17, 19-21
A		3, 6, 9, 13, 15, 18, 22
Y	宮下和巳, 西村寿彦, 大鐘武雄, 小川恭孝, 鷹取泰司, “MIMO チャネルにおける固有ビーム空間分割多重 (E-SDM) 方式”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 102, No. 86, p p. 13-18, 2002. 05. 17	8
Y	JP 2002-204275 A (松下電器産業株式会社), 2002. 07. 19 第0076段落, 第0090段落, 第0119段落, 第0120段落 &EP 1199830 A2 &CN 1350388 A &JP 2002-199038 A &US 2002/0126764 A1 &JP 3464656 B2 &JP 2004-048755 A	1, 2, 4, 5, 7, 8, 10-12, 14, 16, 17, 19-21
A		3, 6, 9, 13, 15, 18, 22
A	JP 2003-169010 A (三菱電機株式会社), 2003. 06. 13 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-22